



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

**ANALÝZA PARALELNÍHO PROVOZU UZLOVÝCH
OBLASTÍ 110 KV TR KRASÍKOV A TR NEZNÁŠOV**

ANALYSIS OF PARALLEL OPERATION OF NODAL AREAS OF 110 KV KRASIKOV AND
NEZNASOV TRANSFORMERS STATIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Petr Kostkan

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

BRNO 2018

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Student: Bc. Petr Kostkan

ID: 125113

Ročník: 2

Akademický rok: 2017/18

NÁZEV TÉMATU:

Analýza paralelního provozu uzlových oblastí 110 kV TR Krasíkov a TR Neznášov

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Představení související teorie výpočtu ustáleného chodu a zkratových poměrů sítě 110 kV
2. Provedení technického popisu analyzované části distribuční sítě a vytvoření jejího ekvivalentního modelu
3. Analýza ustáleného chodu sítě a zkratových poměrů pro samostatný a paralelní provoz uzlových oblastí Krasíkov – Neznášov
4. Zhodnocení výsledků analýzy a provedení návrhu provozních a technických opatření

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Je vhodné využít technických norem, odborných článků databází IEEE, Web of Science, SCOPUS a jiné. Další literatura je stanovena dle pokynů vedoucího práce.

Konzultant: Ing. Ivo Rejzek (ČEZ Distribuce, a. s.)

Termín zadání: 5.2.2018

Termín odevzdání: 21.5.2018

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Bibliografická citace práce:

KOSTKAN, P. Analýza paralelního provozu uzlových oblastí 110 kV TR Krasíkov a TR Neznášov. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2018, 91 stran.

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Ptáčkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Děkuji také panu Ing. Ivo Rejzkovi a Ing. Jiřímu Mrázovi za odborné rady, ochotu a vstřícnost při zpracování mé práce.

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Analýza paralelního provozu uzlových oblastí 110 kV TR Krasíkov a TR Neznášov jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

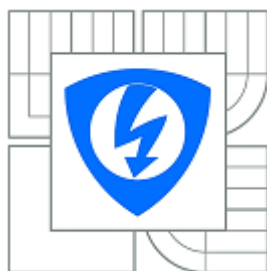
Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.“

V Brně dne: 21. 5. 2018

.....



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav elektroenergetiky**

Diplomová práce

**Analýza paralelního provozu uzlových oblastí
110 kV TR Krasíkov a TR Neznášov**

Bc. Petr Kostkan

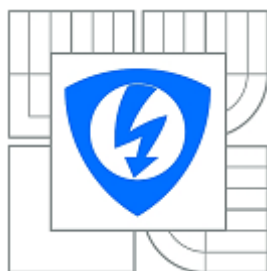
vedoucí: Ing. Michal Ptáček, Ph.D.

Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2018

Brno



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Electrical Power Engineering**

Master's Thesis

**ANALYSIS OF PARALLEL OPERATION OF
NODAL AREAS OF 110 KV KRASIKOV AND
NEZNASOV TRANSFORMERS STATIONS**

by

Petr Kostkan

Supervisor: Michal Ptáček

Brno University of Technology, 2018

Brno

ABSTRAKT

V současné době je distribuční síť 110 kV ČEZd – Východ, uzlová oblast rozvodny Neznášov a rozvodny Krasíkov, provozována samostatně. Na každou oblast připadají v definovaném zapojení dva napájecí transformátory 400/110 kV. V případě výpadku transformátoru T401 nebo T402 v rozvodně Neznášov v definovaném výpočtovém zapojení, není splněno kritérium N-1 o 20 procent jmenovitého výkonu transformátoru. Tento problém je řešitelný pomocí paralelního provozu uzlové oblasti rozvodny Neznášov a rozvodny Krasíkov.

Hlavní a praktickou úlohou této práce je sloučit provozované můstkové zapojení v oddělených oblastech do paralelního provozu uzlových oblastí (napájecích transformátorů 400/110 kV). Pomocí výpočetního programu jsou provedeny výpočty ustáleného chodu a zkratových poměrů v distribuční síti 110 kV pro samostatný a paralelní provoz uzlových oblastí. U výpočtu ustáleného chodu jsou vyhodnocovány a kontrolovány napěťové poměry v rozvodnách 110 kV, zatížení transformátorů (400/110 kV a 110/vn) a poměry na vedeních. Vypočtené zkratové poměry jsou kontrolovány se zkratovou odolností rozvodu. Na závěr jsou porovnány výhody a nevýhody samostatného a paralelního provozu uzlových oblastí. Jestliže je to potřebné, jsou navržena technická opatření pro zavedení paralelního provozu uzlových oblastí Neznášov a uzlové oblasti Krasíkov.

KLÍČOVÁ SLOVA: Ustálený chod sítě; Zkrat; Zkratové poměry; Distribuční síť 110 kV; Rozvodna

ABSTRACT

Currently, the nodal areas of Neznášov substation and Krasíkov substation, which belong to ČEZd distribution network 110 kV – East, are operant as separate units. In the defined setting, each nodal area comprises of two 400/110 kV transformers. In the case of failure of the transformer T401 or T402, the criterion N-1 for twenty percent of the rated output is not met. Such problem can be solved by parallel operation of nodal areas of Neznášov substation and Krasíkov substation.

The principal as well as practical aim of this thesis is to interconnect the bridge operated connection in separated areas into parallel/loop operation of nodal areas (supplied by 400/110 kV transformers). Computing software is used to calculate the steady state and short-circuit conditions in the distribution network 110 kV for separate and parallel operation of mentioned nodal areas. Power flow analysis is aimed at assessment and evaluation of voltage conditions, transformers loading (400/110 kV and 110/vn) as well as 110 kV lines loading. Obtained short-circuit indices is used to examine short-circuit, withstand capability of the 110 kV substation. Finally, benefits as well as drawbacks of the separate and parallel operation are compared and evaluated. If necessary, the technical arrangements are proposed/designed in order to allow parallel operation of nodal areas Neznášov substation and Krasíkov substation.

KEY WORDS:

Steady-state operation of the network; Short-circuit; Short-circuit conditions; Distribution network 110 kV; Electrical substation

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 10 |
| SEZNAM TABULEK | 11 |
| SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 12 |
| 1 ÚVOD..... | 17 |
| 2 USTÁLENÝ CHOD ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY | 18 |
| 2.1 ZJEDNODUŠUJÍCÍ PŘEDPOKLADY..... | 18 |
| 2.2 KLASIFIKACE UZLŮ A PODMÍNKY URČITOSTI..... | 19 |
| 2.3 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU JAKO LINEÁRNÍ ÚLOHA | 20 |
| 2.3.1 ELIMINACE BILANČNÍHO UZLU | 22 |
| 2.4 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU JAKO NELINEÁRNÍ ÚLOHY..... | 22 |
| 2.4.1 VÝPOČET USTÁLENÉHO CHODU NEWTONOVOU ITERAČNÍ METODOU | 24 |
| 3 PŘECHODOVÉ JEVY V ES | 28 |
| 3.1 ZKRATY V ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVĚ | 28 |
| 3.1.1 PŘÍČINY VZNIKU ZKRATU | 30 |
| 3.1.2 NÁSLEDKY ZKRATU | 31 |
| 3.2 PRŮBĚH ZKRATOVÉHO PROUDU | 31 |
| 3.3 TROJFÁZOVÝ ZEMNÍ ZKRAT..... | 32 |
| 3.4 JEDNOFÁZOVÝ ZKRAT | 34 |
| 3.5 ZKRATOVÉ IMPEDANCE ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ | 35 |
| 4 POPIS DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY ČEZD – VÝCHOD, VAZBY NA PŘENOSOVOU SOUSTAVU..... | 36 |
| 4.1 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA (DS) | 36 |
| 4.2 VAZBA DS VVN V TRANSFORMAČNÍCH STANICÍCH PS/110 kV..... | 36 |
| 4.3 PÁTEŘNÍ POPIS PROVOZU DISTRIBUČNÍ SÍŤ 110 kV DLE UZLOVÝCH OBLASTÍ | 37 |
| 4.3.1 UZLOVÁ NAPÁJECÍ OBLAST NEZNÁŠOV (UNO NEZ_)..... | 37 |
| 4.3.2 UZLOVÁ NAPÁJECÍ OBLAST OPOČÍNEK (UNO OPO_)..... | 38 |
| 4.3.3 UZLOVÁ NAPÁJECÍ OBLAST KRASÍKOV (UNO KRA_)..... | 38 |
| 4.3.4 UZLOVÁ NAPÁJECÍ OBLAST MÍROVKA (UNO HBM_)..... | 38 |
| 5 DEFINICE PROVOZŮ UNO NEZ_ A UNO KRA_..... | 39 |
| 5.1 UZLOVÁ NAPÁJECÍ OBLAST KRASÍKOV (UNO KRA_) | 39 |
| 5.1.1 POPIS PODRUŽNÝCH TRANSFORMOVEN 110 kV/VN V UZLOVÉ OBLASTI KRASÍKOV (UNO KRA_) | 39 |
| 5.2 UZLOVÁ NAPÁJECÍ OBLAST NEZNÁŠOV (UNO NEZ_) | 42 |
| 5.2.1 POPIS PODRUŽNÝCH TRANSFORMOVEN 110 kV/VN V UZLOVÉ OBLASTI NEZNÁŠOV (UNO NEZ_)..... | 43 |
| 6 VÝPOČET PŘI SAMOSTATNÉM PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 51 |
| 6.1 USTÁLENÝ CHOD | 53 |
| 6.1.1 NAPĚŤOVÉ POMĚRY PŘÍPOJNIC ROZVODEN | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 6.1.2 ZATÍŽENÍ TRANSFORMÁTORŮ | 53 |
| 6.1.3 ZATÍŽENÍ VEDENÍ | 53 |
| 6.1.4 CELKOVÁ BILANCE ČINNÝCH VÝKONŮ | 54 |
| 6.2 ZKRATOVÉ POMĚRY | 54 |
| 6.3 HODNOCENÍ VÝPOČTŮ | 54 |
| 7 VÝPOČET PŘI PARALELNÍM PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 56 |
| 7.1 USTÁLENÝ CHOD | 56 |
| 7.1.1 NAPĚŤOVÉ POMĚRY PŘÍPOJNIC ROZVODEN | 56 |
| 7.1.2 ZATÍŽENÍ TRANSFORMÁTORŮ | 57 |
| 7.1.3 ZATÍŽENÍ VEDENÍ | 57 |
| 7.1.4 CELKOVÁ BILANCE ČINNÝCH VÝKONŮ | 57 |
| 7.2 ZKRATOVÉ POMĚRY | 57 |
| 7.3 HODNOCENÍ VÝPOČTŮ | 57 |
| 8 POROVNÁNÍ SAMOSTATNÉHO A PARALELNÍHO PROVOZU UNO KRA_ A UNO NEZ_ | 59 |
| 8.1 USTÁLENÝ CHOD | 59 |
| 8.1.1 NAPĚŤOVÉ POMĚRY PŘÍPOJNIC ROZVODEN | 59 |
| 8.1.2 ZATÍŽENÍ TRANSFORMÁTORŮ | 59 |
| 8.1.3 ZATÍŽENÍ VEDENÍ | 59 |
| 8.1.4 CELKOVÉ ZTRÁTY V SÍTI 110 kV | 59 |
| 8.2 VYHODNOCENÍ | 60 |
| 9 NÁVRH PROVOZNÍCH A TECHNICKÝCH OPATŘENÍ | 61 |
| 10 ZÁVĚR | 62 |
| POUŽITÁ LITERATURA | 64 |
| POUŽITÝ SOFTWARE | 64 |
| PŘÍLOHY | 64 |
| PŘÍLOHA A – SCHÉMA SAMOSTATNÉHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 65 |
| PŘÍLOHA B – SCHÉMA PARALELNÍHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 66 |
| PŘÍLOHA C – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA SAMOSTATNÉHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 67 |
| PŘÍLOHA D – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA PARALELNÍHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 68 |
| PŘÍLOHA E – SOUHRNNÉ VÝSLEDKY SAMOSTATNÉHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 69 |
| PŘÍLOHA F – SOUHRNNÉ VÝSLEDKY PARALELNÍHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_ | 77 |
| PŘÍLOHA G – VÝSLEDKY POROVNÁNÍ SAMOSTATNÉHO A PARALELNÍHO PROVOZU UNO KRA_ A UNO NEZ_ | 85 |
| PŘÍLOHA H – NÁVRH TR 110/35 KV HRADEC KRÁLOVÉ – SEVER | 90 |
| PŘÍLOHA CH – NÁVRH TR 110/6,3 KV HRADEC KRÁLOVÉ BEZ MOTORY | 91 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 2-1 Náhradní schéma ES (náhrada admitancemi) [3]</i> | 21 |
| <i>Obr. 2-2 Fázorový diagram dodávkový uzel sítě s induktivním charakterem [3]</i> | 23 |
| <i>Obr. 2-3 Náhrada prvků sítě mezi uzly (i) a (j) Π – článkem [3]</i> | 24 |
| <i>Obr. 2-4 Iterativní Newtonův proces vyhledávání kořene reálné funkce [9]</i> | 25 |
| <i>Obr. 3-1 Druhy zkratů [6]</i> | 29 |
| <i>Obr. 3-2 Trojfázový zemní zkrat [10]</i> | 32 |
| <i>Obr. 3-3 Náhradní schéma při trojfázovém zkratu [10]</i> | 33 |
| <i>Obr. 3-4 Jednofázový zkrat [10]</i> | 34 |
| <i>Obr. 3-5 Náhradní schéma při jednofázovém zkratu [10]</i> | 35 |
| <i>Obr. 6-1 Principiální schéma oblasti 110 kV UNO NEZ_</i> | 51 |
| <i>Obr. 6-2 Principiální schéma oblasti 110 kV UNO KRA_</i> | 52 |
| <i>Obr. příloha H-1 Návrh TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever</i> | 90 |
| <i>Obr. příloha CH-1 Návrh TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory</i> | 91 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| <i>Tab. 2-1 Uvažování elektrických parametrů pro příslušné vedení [1]</i> | 19 |
| <i>Tab. 2-2 Poměr $R : X$ vedení vvn a zvn [1]</i> | 19 |
| <i>Tab. 2-3 Orientace výkonů P a Q při různém charakteru proudu a typu uzlu [3]</i> | 23 |
| <i>Tab. 3-1 Pravděpodobnost výskytu různých druhů zkratů v síti [5]</i> | 30 |
| <i>Tab. 5-1 Zkratová odolnost R 110 kV ČEZd – Východ a cizích zapojených do definovaného zapojení</i> | 49 |
| <i>Tab. 6-1 Bilance činných výkonů – samostatný provoz</i> | 54 |
| <i>Tab. 7-1 Bilance činných výkonů – paralelní provoz</i> | 57 |
| <i>Tab. 8-1 Celkové ztráty v síti 110 kV – samostatný a paralelní provoz</i> | 59 |
| <i>Tab. příloha E-1 Napěťové poměry přípojnic rozveden 110 kV – samostatný provoz</i> | 69 |
| <i>Tab. příloha E-2 Transformátory 400/110 kV (dodávka výkonu) – samostatný provoz</i> | 70 |
| <i>Tab. příloha E-3 Transformátory 110/vn kV (dodávka výkonu) – samostatný provoz</i> | 70 |
| <i>Tab. příloha E-4 Transformátory 110/vn kV (odběr výkonu) – samostatný provoz</i> | 70 |
| <i>Tab. příloha E-5 Poměry na vedeních 110 kV – samostatný provoz</i> | 72 |
| <i>Tab. příloha E-6 Zkratové poměry – samostatný provoz</i> | 74 |
| <i>Tab. příloha F-1 Napěťové poměry přípojnic rozveden 110 kV – paralelní provoz</i> | 77 |
| <i>Tab. příloha F-2 Transformátory 400/110 kV (dodávka výkonu) – paralelní provoz</i> | 78 |
| <i>Tab. příloha F-3 Transformátory 110/vn kV (dodávka výkonu) – paralelní provoz</i> | 78 |
| <i>Tab. příloha F-4 Transformátory 110/vn kV (odběr výkonu) – paralelní provoz</i> | 78 |
| <i>Tab. příloha F-5 Poměry na vedeních 110 kV – paralelní provoz</i> | 80 |
| <i>Tab. příloha F-6 Zkratové poměry – paralelní provoz</i> | 82 |
| <i>Tab. příloha G-1 Napěťové poměry přípojnic R 110 kV – samostatný a paralelní provoz</i> | 85 |
| <i>Tab. příloha G-2 Proudové zatížení strojů. 400/110 kV – samostatný a paralelní provoz</i> | 87 |
| <i>Tab. příloha G-3 Proudové zatížení vedení 110 kV – samostatný a paralelní provoz</i> | 87 |

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Značka | Veličina | Jednotka |
|---------------------|---|-----------------|
| \bar{Z} | podélná impedance | Ω |
| R | odpor | Ω |
| X | induktivní reaktance | Ω |
| \bar{Y} | příčná admitance | S |
| G | konduktance | S |
| B | kapacitní susceptance | S |
| L | indukčnost | H |
| C | kapacita | F |
| U | efektivní hodnota napětí (absolutní hodnota) | V |
| S_{nT} | jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru | VA |
| I_{nT} | jmenovitý proud transformátoru | A |
| i_{zT} | procentní proudové zatížení transformátoru | % |
| ΔP_T | ztráta činného výkonu na transformátoru | W |
| P_{dodT} | činný výkon dodávaný transformátorem | W |
| Q_{dodT} | jalový výkon dodávaný transformátorem | VA _r |
| I_T | vypočítaný proud tekoucí transformátorem | A |
| $\Sigma \Delta P_T$ | celková ztráta činného výkonu na transformátorech | W |
| ΣP_{dodT} | celkový činný výkon dodávaný transformátory | W |
| P_{odbT} | činný výkon dodávaný transformátorem | W |
| Q_{odbT} | jalový výkon dodávaný transformátorem | VA _r |
| ΣP_{odbT} | celkový činný výkon dodávaný transformátory | W |
| I_{maxV} | maximální proud vedením | A |
| P_1 | činný výkon na začátku vedení | W |
| Q_1 | jalový výkon na začátku vedení | VA _r |
| P_2 | činný výkon na konci vedení | W |
| Q_2 | jalový výkon na konci vedení | VA _r |
| i_{zV} | procentní proudové zatížení vedení | % |
| ΔP_V | ztráta činného výkonu na vedení | W |
| $\Sigma \Delta P_V$ | celková ztráta činného výkonu na vedení | W |
| ΔP | ztráta činného výkonu | W |

| | | |
|------------------------|--|-----|
| P | činný výkon | W |
| $\Sigma \Delta P$ | celková ztráta činného výkonu sítě | W |
| I''_{k1} | počáteční rázový zkratový proud při jednofázovém zkratu | A |
| I''_{k3} | počáteční rázový zkratový proud při trojfázovém zkratu | A |
| i''_{zk1} | procentuální zatížení rozvodny (přípojnice) počátečním rázovým zkratovým proudem při jednofázovém zkratu | % |
| i''_{zk3} | procentuální zatížení rozvodny (přípojnice) počátečním rázovým zkratovým proudem při trojfázovém zkratu | % |
| ΔU | rozdíl absolutní hodnoty napětí | V |
| Δi_{zT} | procentuální změna proudového zatížení transformátorů | % |
| Δi_{zV} | procentuální změna proudového zatížení vedení | % |
| $\Delta \sum \Delta P$ | rozdíl mezi celkovými ztrátami činného výkonu sítě | W |
| Q | jalový výkon | VAr |
| \bar{Y}_{ii} | diagonální prvek admitanční uzlové matice | S |
| \bar{Y}_{ij} | mimodiagonální prvek admitanční uzlové matice | S |
| \bar{y}_{ij} | admitance ve větvích mezi uzly i a j | S |
| \bar{Y} | příčná admitance | S |
| \bar{I}_i | fázor proudu v i -tém uzlu | A |
| \bar{U}_j | fázor napětí v j -tém uzlu | V |
| \bar{i}_{ij} | fázor proudu ve větvích mezi uzly i a j | A |
| \bar{S}_i | komplexní výkon v i -tém uzlu | VA |
| P_i | činný výkon v i -tém uzlu | W |
| Q_i | jalový výkon v i -tém uzlu | VAr |
| \bar{I}_i^* | komplexně sdružený proud v i -tém uzlu | A |
| \bar{S} | komplexní výkon | VA |
| ΔP_{ij} | ztráty činného výkonu mezi i -tým a j -tým uzlem | W |
| ΔQ_{ij} | ztráty jalového výkonu mezi i -tým a j -tým uzlem | VAr |
| x | proměnná | - |
| y | proměnná | - |
| J | jacobián | - |
| i_k | okamžitá hodnota nesouměrného střídavého zkratového | A |
| I''_k | počáteční souměrný rázový zkratový proud (efektivní hodnota) | A |

| | | |
|-------------|--|---------------------|
| I'_k | počáteční efektivní hodnota přechodného zkratového proudu | A |
| I_k | efektivní hodnota ustáleného zkratového proudu | A |
| i_{ks} | okamžitá hodnota střídavého (souměrného) zkratového proudu | A |
| i_{ka} | okamžitá hodnota střídavého (souměrného) zkratového proudu | A |
| t | čas | s |
| \bar{I}_A | fázor proudu ve fázi a | A |
| \bar{I}_B | fázor proudu ve fázi b | A |
| \bar{I}_C | fázor proudu ve fázi c | A |
| \bar{U}_A | fázor napětí ve fázi a | V |
| \bar{U}_B | fázor napětí ve fázi b | V |
| \bar{U}_C | fázor napětí ve fázi c | V |
| \bar{I}_0 | fázor netočivé složky proudu | A |
| \bar{I}_1 | fázor sousledné složky proudu | A |
| \bar{I}_2 | fázor zpětné složky proudu | A |
| \bar{U}_0 | fázor netočivé složky napětí | V |
| \bar{U}_1 | fázor sousledné složky napětí | V |
| \bar{U}_2 | fázor zpětné složky napětí | V |
| \bar{a} | operátor natočení | - |
| \bar{Z}_0 | netočivá složka celkové impedance | Ω |
| \bar{Z}_1 | sousledná složka celkové impedance | Ω |
| \bar{Z}_2 | zpětná složka celkové impedance | Ω |
| \bar{U}_f | fázor napětí na svorkách alternátoru | V |
| δ | úhel napětí | ° |
| α | úhel proudu | ° |
| φ | fázový posun napětí a proudu | ° |
| α | počáteční fáze fázoru napětí v okamžiku vzniku zkratu | ° |
| φ_k | úhel impedance obvodu zkratového proudu | ° |
| ω | úhlová rychlost | rad.s ⁻¹ |
| τ'_d | časová konstanta tranzitní složky zkratového proudu | s |
| τ''_d | časová konstanta subtranzitní složky zkratového proudu | s |
| τ_s | časová konstanta stejnosměrné složky zkratového proudu | s |

Zkratky

| | |
|-------------|---|
| ČEPS | provozovatel PS v České republice |
| ČEZd | ČEZ Distribuce, a.s. |
| DS | distribuční soustava |
| ES | elektrizační soustava |
| N-1 | spolehlivostní kritérium |
| nn | nízké napětí |
| PS | přenosová soustava |
| R | rozvodna |
| TR | transformovna |
| UNO | uzlová napájecí oblast |
| vn | vysoké napětí |
| vvn | velmi vysoké napětí |
| zvn | zvlášť vysoké napětí |
| BEZ_ | TR 400/220/110/10,5 kV Bezděčín |
| BOGU | TR 220/110 kV Boguszów (Polsko) |
| CEB_ | TR 400/110/10,5 kV Čebín |
| CEKO | TR 110/35 kV Červený Kostelec |
| CKD_ (BEZM) | TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory |
| CTRE | TR 110/35/22/6 kV Česká Třebová |
| DAS_ | TR 400/110/10,5 kV Dasný |
| DOBR | TR 110/35/10 kV Dobruška |
| EOP_ | Elektrárna Opatovice |
| EPO_ | Elektrárna Poříčí |
| HBM_ | TR 400/110/10,5 kV Mírovka |
| HKJI | TR 110/35 kV Hradec Králové – Jih |
| HKSE | TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever |
| HOST (KRPA) | TR 110/6,3 kV KRPA Hostinné |
| HZI_ | TR 400/110/10,5 kV Horní Životice |
| CHOC | TR 110/35/22 kV Choceň |
| JABL | TR 110/22 kV Jablonné n. Orlicí |
| KRA_ | TR 400/110/10,5 kV Krasíkov |
| KVAS | TR 110/6,3 kV Kvasiny |

| | |
|-------------|--|
| LANS | TR 110/22 kV Lanškroun |
| LIPE | TR 110/35 kV Lipnice |
| LITO (VERT) | TR 110/35 kV Litomyšl VERTEX |
| MORA | TR 110/22 kV Moravany ČD |
| MTRE | TR 110/22 kV Moravská Třebová |
| NACH | TR 110/35 kV Náchod Babí |
| NEZ_ | TR 400/110/10,5 kV Neznášov |
| NOPA | TR 110/35/10 kV Nová Paka |
| OPO_ | TR 220/110/35/22 kV Opočíněk |
| PASE | TR 110/35 kV Pardubice – Sever |
| PRN_ | TR 400/220/110/10,5 kV Prosenice |
| POLI | TR 110/35 kV Police nad Metují |
| PORI | TR 110/35 kV Poříčí u Trutnova |
| ROKY | TR 110/35/10 kV Rokytnice nad Jizerou |
| RUDO | TR 110/22 kV Rudoltice ČD |
| RYCH | TR 110/35/10 kV Rychnov nad Kněžnou |
| SEMI | TR 110/35 kV Semily |
| SLV_ | TR 400/110/10,5 kV Slavětice |
| SVID | TR 110/27/22 kV Svitavy ČD |
| SVIT | TR 110/22 kV Svitavy |
| TAB_ | TR 220/110/10,5 kV Tábor |
| TYCD | TR 110/22 kV Týniště nad Orlicí |
| TYN_ | TR 400/110/35/22/10,5 kV Týnec nad Labem |
| USTI | TR 110/35/22 kV Ústí nad Orlicí |
| VAMB | TR 110/35 kV Vamberk |
| VRCH | TR 110/35 kV Vrchlabí |
| VSES | TR 110/35 kV Všestary |
| ZAMB | TR 110/35 kV Žamberk |

1 ÚVOD

Elektrizační soustava (ES) je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci, distribuci (rozvod) a konečné využití elektrické energie. Do ES patří systémy zajišťující řízení, regulaci, měření, kontrolu a ochranu. Hlavními vazbami v ES umožňující plynulé předávání elektrické energie jsou elektrické sítě. Vedle hlavních vazeb existuje informační a telekomunikační systém, který zprostředkovává regulaci a řízení soustavy.

Zabezpečení řízení a bezporuchového stavu ES jako celku, při správném řešení jednotlivých úloh odděleně, se může výpočet v rámci provozu ES ukázat jako technicky a ekonomicky nevyhovující. Sestavení příslušného matematického modelu, který by věrně zobrazoval všechny vazby soustavy, v takto komplexním pojetí ES není jednoduché. Ne vždy jsme schopni dodat odpovídající a přesné vstupní informace v přiměřeném čase přípravy a získat optimální řešení provozu.

Ustáleným chodem ES rozumíme rovnovážný stav a to i přesto, že se okamžité hodnoty střídavých napětí a proudů v čase mění. Efektivní hodnoty proudů a napětí, střední hodnoty výkonů a momenty na hřídeli se nemění. Ustálený chod popisujeme soustavou algebraických nelineárních rovnic.

Nejčastější příčinou vzniku elektromagnetických přechodových jevů v ES jsou zkratky. Pod pojmem zkrat rozumíme nechtěné spojení mezi fázemi navzájem, mezi fázemi a zemí, které vede ke zkratům elektrických obvodů a tím ke vzniku nežádoucích zkratových proudů. Ty pak tepelně a mechanicky namáhají prvky ES. Proto musí být dostatečně dimenzovány, aby účinkům zkratových proudů odolaly.

Vzhledem k rozsáhlosti ES definované v diplomové práci, řešíme výpočty ustáleného chodu a zkratových poměrů pomocí software PAS DAISY Bizon.

Uzlové napájecí oblasti (UNO) na území ČEZd – Východ, jsou provozovány odděleně. V UNO Neznášov není v případě výpadku jednoho transformátoru 400/110 kV v námi definovaném zapojení oblasti splněno kritérium N-1. Z důvodu zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie, řešíme možnou paralelní spolupráci s UNO Krasíkov.

U výpočtu ustáleného chodu jsou vyhodnocovány a kontrolovány napěťové poměry v rozvodnách 110 kV, zatížení transformátorů (400/110 kV a 110/vn), poměry na vedeních a bilance činných výkonů. Vypočtené zkratové poměry jsou kontrolovány se zkratovou odolností rozvodu.

2 USTÁLENÝ CHOD ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY

Ustálený chod elektrizační soustavy (ES) je takový stav, při kterém nastává rovnováha veškerých veličin charakterizujících její chod (napětí, proudy, výkony a mechanické momenty v rotačních zdrojích a spotřebičích) [2]. Při tomto provozním stavu můžeme považovat proměnné parametry ES za konstantní. Tento provozní stav je takový, při kterém v zařízeních neprobíhají krátkodobé přechodové děje související s poruchami (zkratovými), se zásahem blesku do vedení nebo jeho blízkosti, připojováním a odpojováním vedení, zdrojů, kompenzačních prostředků (kondenzátorů a tlumivek), přepínání odboček vinutí regulačních transformátorů za provozu a podobně [4]. Ve skutečnosti ustálený chod neexistuje, protože dochází k neustálé změně počtu a zatížení spotřebitelů, ale i zdrojů, a tedy ke změně efektivních hodnot proudů a napětí. Tyto změny jsou však z časového hlediska pomalé, a proto se neuvažují [4].

Při řízení provozu a též při návrhu dalšího rozvoje ES je potřebná znalost činných a jalových výkonů, proudů a napěťových poměrů na jednotlivých prvcích a v uzlech ES. Hodnoty vypočítané v ustáleném chodu slouží jako vstupní údaje při řešení přechodových jevů (zkraty, statická a dynamická stabilita) a při řadě optimalizačních úloh, jako je hospodárné rozdělování výroby činných a jalových výkonů, optimální regulaci napětí, hodnocení spolehlivosti ES a podobně. Řešení ustáleného chodu se doplňuje kontrolou, zda není některý přenosový prvek přetížen. Výpočet se provádí většinou pro maximální a minimální zatížení sítě [3].

V praxi jsou dodávky a odběry zadávané činnými a jalovými výkony. To má za následek, že chod sítě není možné popsat soustavou lineárních rovnic. Pro přesný výpočet ustáleného chodu je nutné použít soustavu nelineárních rovnic, které se řeší některou z iteračních metod. Výpočet iteračními metodami je časově náročný a konvergence výpočtu není zaručená. Pro výpočty ustáleného chodu, kde není požadovaná veliká přesnost, se úloha linearizuje. Jsou to např. výpočty pro dlouhodobé plánování rozvoje ES nebo výpočty spolehlivosti. Výkony zadané v jednotlivých uzlech se podělí střední hodnotou očekávaného napětí v uzlech sítě, nebo jmenovitým napětím. Takto se vypočte proud. Pro sestavení základních lineárních rovnic ustáleného chodu je možné použít některou z metod řešení lineárních obvodů, jako je metoda uzlových napětí (MUN), nebo metoda smyčkových proudů (MSP). V praxi se nejčastěji používá metoda uzlových napětí kvůli jednoduchému algoritmu výpočtu vlastních a vzájemných uzlových admitancí a jednoduchému propojení jednotlivých větví sítě. Předpokládá se, že se ES skládá ze souměrných zdrojů, souměrných přenosových prvků a odběrů. Potom je možné soustavu řešit jako jednofázovou síť [3].

2.1 Zjednodušující předpoklady

Ustálený chod ES v sítích vvn a zvn se řeší při uvažování následujících zjednodušujících předpokladů [2]:

- Parametry vedení, případně transformátorů a ostatních prvků jsou konstanty nezávislé na proudu a napětí.
- Napětí zdrojů a proudy odběrů jsou harmonickými funkcemi času s frekvencí 50 Hz.
- U trojfázových soustav symetrické prvky v parametrech a u odběrů a zdrojů v proudech a napětích.

Při řešení sítí vvn a zvn uvažujeme podélnou impedanci \bar{Z} a příčnou admitanci \bar{Y} .

$$\bar{Z} = R + X = R + j \cdot \omega \cdot L \quad (2.1)$$

$$\bar{Y} = G + B = G + j \cdot \omega \cdot C \quad (2.2)$$

kde je

- R odpor vedení;
- X induktivní reaktance vedení;
- L indukčnost vedení;
- G konduktance vedení;
- B kapacitní susceptance vedení;
- C kapacitní vedení.

Při řešení ustáleného chodu se obvykle u vedení příslušného jmenovitého napětí uvažují pouze elektrické parametry podle Tab. 2-1 [[1] část 2 str. 27]. Parametry v závorkách je potřebné uvažovat při přesnějších výpočtech.

Tab. 2-1 Uvažování elektrických parametrů pro příslušné vedení [1]

| Vedení | Jmenovité napětí (kV) | Elektrické parametry vedení | |
|--------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | Venkovní vedení | Kabelové vedení |
| nn | 0,4 | $R, (L)$ | $R, (L)$ |
| vn | 6, 10, 22, 35 | $R, L, (C)$ | $R, (L), C$ |
| vvn | 110, 220 | $R, L, C, (G)$ | $R, (L), C, G$ |
| zvn | 400 | R, L, C, G | - |

V sítích vvn je možné zanedbat odpor vedení při poměru $R : X > 1 : 3$. Tab. 2-2 [[1] část 3 str. 72] zobrazuje poměry $R : X$ u vedení vvn a zvn.

Tab. 2-2 Poměr $R : X$ vedení vvn a zvn [1]

| Vedení | Poměr $R : X$ |
|--------|------------------|
| 110 kV | 1 : 2 až 1 : 10 |
| 220 kV | 1 : 6 až 1 : 10 |
| 400 kV | 1 : 11 až 1 : 13 |

2.2 Klasifikace uzlů a podmínky určitosti

Text podkapitoly byl vytvořen podle [3].

Ustálený chod v ES je jednoznačně určený znalostí veličin:

- a) absolutní hodnota napětí U ;
- b) úhel napětí δ ;

- c) činný výkon P ;
- d) jalový výkon Q .

Obyčejně dvě z těchto veličin jsou v uzlu zadané a chybějící se získávají řešením ustáleného chodu ES. Podle toho, které uzlové veličiny jsou zadané, dělíme uzly na 3 základní třídy:

1. **Třída (U, δ)** – bilanční uzel. Tento uzel označujeme v náhradním schématu číslem 1, ve kterém je zadáno napětí a jeho úhel. Neznámé v tomto typu uzlu jsou činný a jalový výkon. Tento uzel má za úkol nahradit případnou nerovnováhu v bilanci uzlových výkonů, a navíc musí nahradit ztráty činného a jalového výkonu v síti, které jsou známy až po ukončení výpočtu a určení výkonové bilance. Obyčejně volíme za bilanční uzel jeden ze zdrojů o dostatečném výkonu.
2. **Třída (P, Q)** – napájecí, respektive odběrové uzly. V těchto uzlech je zadán činný a jalový výkon. Dodávku a odběr rozlišujeme znaménky \pm . Řešením ustáleného chodu získáme napětí a jeho úhel.
3. **Třída (U, P)** – regulační nebo kompenzační uzly. V těchto uzlech je zadán činný výkon a absolutní hodnota napětí. Řešením ustáleného chodu získáváme jalový výkon (odebíraný či dodávaný), potřebný na dodržení zadané hodnoty napětí v uzlu a úhel tohoto napětí.

Při praktických výpočtech ustáleného chodu v ES obyčejně zadáváme:

1. jeden bilanční uzel (U, δ) ;
2. k uzlů (P, Q) ;
3. $(n - k - 1)$ uzlů (U, P) , kde n je celkový počet uzlů v síti;

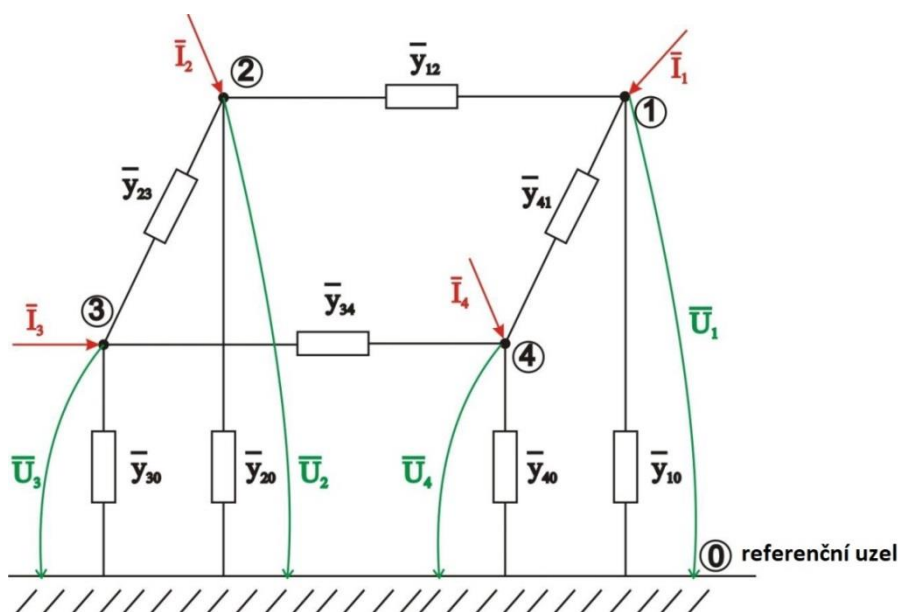
takže při řešení máme k dispozici $2(n - 1)$ rovnic popisujících ustálený chod.

Rychlost konvergence zvolené iterační metody závisí na konfiguraci sítě a volbě bilančního uzlu, který by měl k dispozici zdroj, který hradí výkonové ztráty v síti a případnou nerovnováhu v bilanci dodávek a odběrů. Dále též závisí na počtu a umístění uzlů třídy (P, Q) a (U, P) . Bilanční uzel je vhodné umísťovat do „elektrického středu“ sítě. Této podmínce vyhovuje obvykle uzel mající největší vlastní admitanci – největší diagonální prvek v admitanční uzlové matici. Ne vždy je v tomto uzlu k dispozici „volný generátor“. Je možné volit generátor na krytí ztrát i v jiném uzlu, jako ve kterém volíme pevné – zadané napětí a úhel. V tomto případě je nutné rozšířit uvedenou základní klasifikaci uzlů a blíže specifikovat podmínky určitosti chodu sítě. Dále můžeme krytí ztrát v síti rozdělit určitým podílem na všechny generátory pracující v soustavě. To však komplikuje matematické řešení úlohy, a proto dále budeme uvažovat, že síť obsahuje jen uzly základních tříd (U, δ) , (P, Q) a (U, P) .

2.3 Výpočet ustáleného chodu jako lineární úloha

Text podkapitoly byl vytvořen podle [3].

Při řešení ustáleného chodu jako lineární úlohy předpokládáme, že jsou zadané odebrané a dodávané proudy do uzlů sítě. Prvky ES jsou zadané jejich podélnými a příčnými admitancemi. Přenosové a rozvodné vedení se nejčastěji nahrazují články typu Π , transformátory Γ anebo Π článkem. Příčné admitance jsou spojené mezi příslušný uzel sítě a uzel referenční – „zem“ o nulovém potenciálu. Předpokládáme, že parametry všech prvků jsou přepočítané na jedno vztažné napětí, a tedy ES můžeme nahradit galvanickým spojením prvků např. podle Obr. 2-1 [[3] str. 11].



Obr. 2-1 Náhradní schéma ES (náhrada admitancemi) [3]

Síť na Obr. 2-1 můžeme matematicky popsat soustavou rovnic při použití metody uzlových napětí

$$\begin{aligned} 1. \text{ uzel: } & \begin{bmatrix} \bar{I}_1 \end{bmatrix} \\ 2. \text{ uzel: } & \begin{bmatrix} \bar{I}_2 \end{bmatrix} \\ 3. \text{ uzel: } & \begin{bmatrix} \bar{I}_3 \end{bmatrix} \\ 4. \text{ uzel: } & \begin{bmatrix} \bar{I}_4 \end{bmatrix} \end{aligned} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{11} & \bar{Y}_{12} & \bar{Y}_{13} & \bar{Y}_{14} \\ \bar{Y}_{21} & \bar{Y}_{22} & \bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{24} \\ \bar{Y}_{31} & \bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} & \bar{Y}_{34} \\ \bar{Y}_{41} & \bar{Y}_{42} & \bar{Y}_{43} & \bar{Y}_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_1 \\ \bar{U}_2 \\ \bar{U}_3 \\ \bar{U}_4 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

kde jsou

$\bar{U}_1, \bar{U}_2, \bar{U}_3, \bar{U}_4$ neznámá uzlová napětí;

$\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3, \bar{I}_4$ zadané uzlové proudy, kde znaménko (+) značí dodávku, (−) odběr.

Soustavu rovnic (2.3) můžeme zkráceně zapsat v maticovém tvaru

$$[\bar{I}] = [\bar{Y}] \cdot [\bar{U}] \quad (2.4)$$

kde prvky admitanční uzlové matice $[\bar{Y}]$ jsou sestavené podle algoritmu vyplývajícího z II. Kirchhoffova zákona takto:

1. i -tý diagonální prvek $[\bar{Y}_{ii}]$ je tvořen součtem admitancí všech větví incidenčních s i -tým uzlem;
2. mimodiagonální prvek $[\bar{Y}_{ij}] (i \neq j)$ je tvořen záporně vzatým součtem admitancí všech větví spojujících i -tý uzel s j -tým uzlem.

Přitom předpokládáme, že větve nemají vzájemné induktivní vazby. Takže např. pro diagonální a mimodiagonální prvek pro síť z Obr. 2-1 platí

$$\bar{Y}_{22} = \bar{y}_{12} + \bar{y}_{23} + \bar{y}_{20} \quad (2.5)$$

$$\bar{Y}_{21} = \bar{Y}_{12} = -\bar{y}_{12} \quad (2.6)$$

Pro rozlišení značíme prvky admitanční uzlové matice a uzlové veličiny velkými písmeny a admitance jednotlivých větví a větvové proudy malými písmeny.

Soustavu rovnic (2.3) můžeme zapsat ve tvaru

$$\bar{I}_i = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.7)$$

kde n je počet uzlů v síti mimo uzel referenční, kterému pro zjednodušení přiřadíme pevné číslo 0.

2.3.1 Eliminace bilančního uzlu

Text podkapitoly byl vytvořen podle [3].

Soustava rovnic (2.3) sestavená podle II. Kirchhoffova zákona pro síť Obr. 2-1 je nezávislá, takže matice $[\bar{Y}]$ je regulární. Uzel nazývaný bilanční, bude nahrazovat neznámé proudy tekoucí v příčných větvích a bude vyrovnávat bilanci mezi dodávkami a odběry. Aby v rovnicích (2.3) až (2.7) byl stejný počet neznámých, jako je počet rovnic, je nutné v bilančním uzlu zadat známé napětí. Pro formální zjednodušení dalšího zápisu přiřadíme bilančnímu uzlu pevné číslo 1.

Jestliže máme v bilančním uzlu zadané napětí \bar{U}_1 , můžeme soustavu rovnic (2.3) přepsat do tvaru

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_2 \\ \bar{I}_3 \\ \bar{I}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{Y}_{21} \\ \bar{Y}_{31} \\ \bar{Y}_{41} \end{bmatrix} \cdot \bar{U}_1 + \begin{bmatrix} \bar{Y}_{22} & \bar{Y}_{23} & \bar{Y}_{24} \\ \bar{Y}_{32} & \bar{Y}_{33} & \bar{Y}_{34} \\ \bar{Y}_{42} & \bar{Y}_{43} & \bar{Y}_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \bar{U}_2 \\ \bar{U}_3 \\ \bar{U}_4 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

a analogicky rovnici (2.7)

$$\bar{I}_i = \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_1 + \sum_{j=2}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j \quad \text{pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (2.9)$$

Po vypočítání neznámých napětí $\bar{U}_2, \bar{U}_3, \dots, \bar{U}_n$, neznámý proud v bilančním uzlu dopočítáme při určení proudů v jednotlivých větvích sítě. Vypuštěním rovnice pro bilanční uzel ve vztazích (2.8) a (2.9) nazýváme **eliminací bilančního uzlu**. Soustavu rovnic (2.9) řešíme např. eliminační metodou, iteračními metodami, nebo příčnou inverzí admitanční uzlové matice řádu $n - 1$. Po výpočtu uzlových napětí určíme rozdělení proudů ve větvích náhradního schématu podle

$$\bar{I}_{pq} = \bar{y}_{pq} \cdot (\bar{U}_p - \bar{U}_q) \quad (2.10)$$

kde \bar{I}_{pq} je proud tekoucí větví o admitanci \bar{y}_{pq} z uzlu p do uzlu q .

2.4 Výpočet ustáleného chodu jako nelineární úlohy

Text podkapitoly byl vytvořen podle [3].

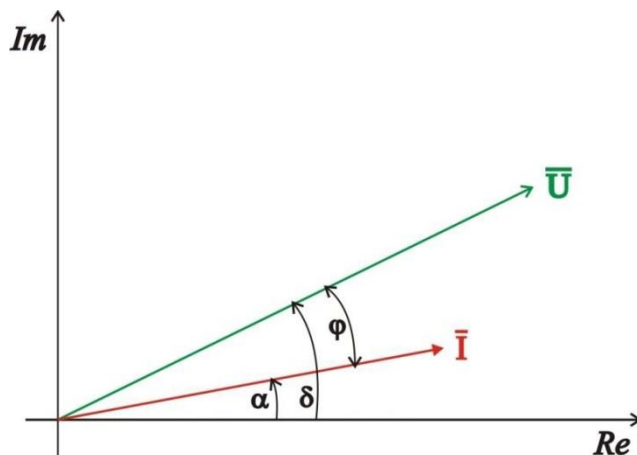
V případě, že v uzlu je zadaný činný a jalový výkon, potom pro i -tý uzel platí

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \cdot \bar{I}_i^* \quad (2.11)$$

kde \bar{I}_i^* je komplexně sdružený proud k proudu \bar{I}_i .

Znaménko u činného a jalového výkonu podle rovnice (2.11) je vysvětleno na fázorovém diagramu napětí a proudu na Obr. 2-2 [[3] str. 13] v uzlu se zdrojem. Protože jde o zdroj, činný výkon je dodáváný do sítě. Fázorový diagram ukazuje výrobu činného a jalového výkonu (proudu) s induktivním fázovým posunem. Potom dodáváný zdánlivý výkon do uzlu sítě je

$$\bar{S} = P + jQ = \bar{U} \cdot \bar{I}^* = U \angle \delta \cdot I \angle -\alpha = U \cdot I \angle \varphi = S_i \cdot (\cos \varphi + j \sin \varphi) \quad (2.12)$$



Obr. 2-2 Fázorový diagram dodávkový uzel sítě s induktivním charakterem [3]

kde fázový posun napětí a proudu $\varphi = \alpha - \delta$. Z toho vyplývá, že když je induktivní posun proudu vůči napětí (proud je opožděný za napětím) potom je $\varphi = 0$, $p > 0$ a $Q > 0$.

V případě odběru uvažujeme záporný proud. Tím pádem se mění znaménko u činného a jalového výkonu v porovnání s dodávkovým uzlem. Přehled znamének u činného a jalového výkonu při různém charakteru proudu a typu uzlu poskytuje Tab. 2-3 [[3] str. 14], při uvažované orientaci toku výkonu (proudu) směrem do uzlu.

Tab. 2-3 Orientace výkonů P a Q při různém charakteru proudu a typu uzlu [3]

| Uzel | Zdroj | Odběr |
|--------------------------|---------|---------|
| Posun proudu | $P > 0$ | $P < 0$ |
| induktivní $\varphi > 0$ | $Q > 0$ | $Q < 0$ |
| kapacitní $\varphi < 0$ | $Q < 0$ | $Q > 0$ |

Z rovnice (2.11) pro proud platí

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{S}_i^*}{\bar{U}_i^*} = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} \quad (2.13)$$

po následném dosazení do (2.9) dostaneme

$$\bar{I}_i = \frac{P_i - jQ_i}{\bar{U}_i^*} = \sum_{j=1}^n \bar{Y}_{ij} \cdot \bar{U}_j, \text{ pro } i = 2, 3, \dots, n \quad (2.14)$$

V rovnicích (2.9) a (2.14) byla uskutečněna eliminace bilančního uzlu, která je spojena s volbou napětí \bar{U}_1 . Bilanční uzel hradí rozdíl mezi dodávkou a odběrem, včetně ztrát činného a jalového výkonu.

Vzhledem k tomu, že jsou zadány výkony v uzlech sítě (dodávky a odběry), napětí bilančního uzlu a admitance \bar{Y}_{ij} , vede výpočet neznámých napětí k řešení soustavy nelineárních (kvadratických) rovnic (2.14). Na řešení soustavy rovnic (2.14), se nejčastěji používají iterační

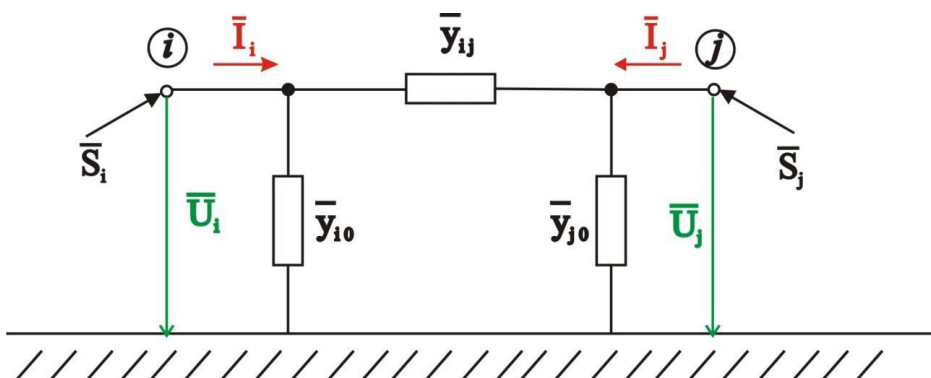
metody a to Gauss-Seidlova a Newtonova iterační metoda. Po výpočtu hledaných uzlových napětí se určí toky výkonů v síti a následné výkonové ztráty.

Pokud nahradíme jednotlivé prvky sítě Π – článkem Obr. 2-3 [[3] str. 14], potom proud tekoucí do uzlu i je

$$\bar{I}_i = (\bar{U}_i - \bar{U}_j) \cdot \bar{y}_{ij} + \bar{U}_i \cdot \bar{y}_{i0} \quad (2.15)$$

a výkon

$$\bar{S}_i = P_i + jQ_i = \bar{U}_i \cdot \bar{I}_i^* \quad (2.16)$$



Obr. 2-3 Náhrada prvků sítě mezi uzly (i) a (j) Π – článkem [3]

Podle dohody jestliže je $P_i > 0$ potom činný výkon teče směrem do uzlu i . Znaménko u jalového výkonu potom určuje, zda jde o výkon induktivní, anebo kapacitní.

Analogicky proud a výkon tekoucí do uzlu j

$$\bar{I}_j = (\bar{U}_j - \bar{U}_i) \cdot \bar{y}_{ij} + \bar{U}_j \cdot \bar{y}_{j0} \quad (2.17)$$

$$\bar{S}_j = P_j + jQ_j = \bar{U}_j \cdot \bar{I}_j^* \quad (2.18)$$

Ztráty činného a jalového výkonu v náhradním článku typu Π na Obr. 2-3 jsou algebraickým součtem výkonu tekoucích do uzlů i, j

$$\Delta P_{ij} = P_i + P_j \quad (2.19)$$

$$\Delta Q_{ij} = Q_i + Q_j \quad (2.20)$$

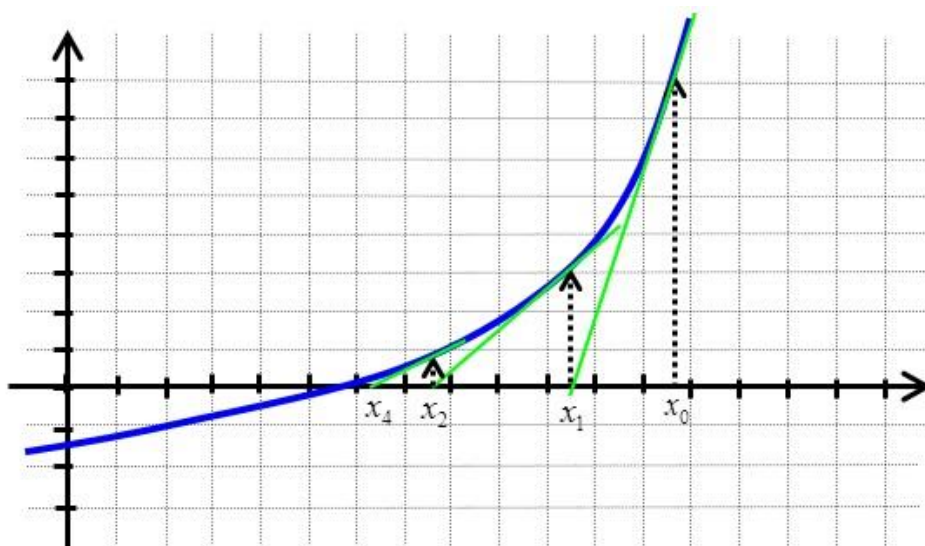
V těchto úvahách je trojfázová síť nahrazena jednofázovým ekvivalentem, takže všechny rovnice platí pro fázové hodnoty napětí a výkon přenášený jednou fází.

2.4.1 Výpočet ustáleného chodu Newtonovou iterační metodou

Text podkapitoly byl vytvořen podle [9].

Newtonova metoda má tu výhodu, že velmi rychle konverguje a většinou potřebný počet iterací při požadované přesnosti závisí málo na velikosti řešené sítě. Nevýhodou této metody je potřeba delšího času na výpočet jediné iterace v porovnání s Gauss-Seidlovou metodou.

Newtonova iterační metoda je proces umožňující nalezení kořenů obecné funkce. Postup pro reálnou funkci jedné reálné proměnné je následující:



Obr. 2-4 Iterativní Newtonův proces vyhledávání kořene reálné funkce [9]

$$f'(x_k) = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x_k) - 0}{x_k - x_{k+1}} \quad (2.21)$$

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)} \quad (2.22)$$

Metoda relativně rychle konverguje pro široký výběr počátečních bodů x_0 . Metodu lze zobecnit i na systém funkcí $\vec{F}: R^n \rightarrow R^n$, tj. soustava nelineárních rovnic má tvar

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_1 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_2 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= y_n \end{aligned} \quad (2.23)$$

Iterativní vzorec v takovém případě upraven na tvar

$$\vec{x}_{k+1} = \vec{x}_k - J_k^{-1} \cdot \vec{F}(\vec{x}_k) \quad (2.24)$$

respektive

$$J_k(\vec{x}_{k+1} - \vec{x}_k) = \vec{F}(\vec{x}_k) \quad (2.25)$$

kde je

J_k jacobíán pro k-tou iteraci

Ve vzorci (2.24) je třeba spočítat inverzní matici k jacobíanu, ve vzorci (2.25) pak řešit lineární soustavu.

Funkce \vec{F} pro účely výpočtu ustáleného chodu lze sestavit následovně

$$\begin{aligned} I_i &= \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot V_j \\ \text{potom } \bar{S}_i &= \bar{V}_i \cdot \sum_{j=1}^n Y_{ij} \cdot V_j = f_i(V_1, \dots, V_n) \\ \bar{S}_i &= \bar{V}_i \cdot I_i \end{aligned} \quad (2.26)$$

Soustavu lze řešit iterativně jako

$$J \cdot \Delta \vec{V} = \vec{S} - \vec{F}(\vec{V}^{(k)}) \quad (2.27)$$

kde je

$$\begin{aligned} \Delta \vec{V} & \text{ rozdíl uzlových napětí mezi } k \text{ a } k+1 \text{ iterací} \\ \vec{S} & \text{ vektor specifikovaných výkonů v uzlech} \\ \vec{F} & \text{ vektor výše popsaných funkcí } f_i \end{aligned}$$

Vzorec bez inverzního jacobíanu se pro výpočet hodí mnohem více, neboť nalezení inverzní matice je zdlouhavý proces a navíc je jacobíán řídký, stejně jako admitanční matice a inverze by z něj zbytečně udělala matici hustou.

Sestavení jacobíanu, aktuálních výkonů a úprava požadovaných výkonů

Protože v komplexním oboru neexistuje derivace komplexně sdružené hodnoty, je třeba jak jacobíán, tak vektory napětí a výkonů konstruovat jako reálné s dvojnásobnou dimenzí. Každá iterace N. – R. procesu

$$J \cdot \Delta \vec{V} = \Delta \vec{S}_k \quad (2.28)$$

kde je

$$\begin{aligned} \Delta \vec{V} & \text{ rozdíl uzlových napětí mezi iteracemi} \\ \Delta \vec{S}_k & \text{ rozdíl dopočítaných výkonů od specifikovaných, spočívá v řešení lineární soustavy} \\ & \text{v maticově blokovém tvaru} \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{pmatrix} \quad (2.29)$$

kde jacobíán je

$$J = \begin{pmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{pmatrix} \quad (2.30)$$

Jednotlivé prvky jacobíánu a momentálních výkonů se vypočítají podle následujících vzorců

$$P_a = G_{aa}(E_a^2 + F_a^2) + \sum_{b, b \neq a} E_a(G_{ab}E_b - B_{ab}F_b) + F_a(G_{ab}F_b + B_{ab}E_b) \quad (2.31)$$

$$Q_a = -B_{aa}(E_a^2 + F_a^2) + \sum_{b, b \neq a} F_a(G_{ab}E_b - B_{ab}F_b) - E_a(G_{ab}F_b + B_{ab}E_b) \quad (2.32)$$

3 PŘECHODOVÉ JEvy V ES

Přechodný stav jak už z pojmenování plyne, je stav, který vzniká při přechodu ES z jednoho ustáleného provozního stavu do nového provozního stavu. Přechodné jevy ES jsou způsobené nenormálními jevy vznikajícími za provozu přímo v hlavním obvodu v důsledku náhlého porušení izolace (vlivem stárnutí, cizího zavinění, úderem blesku atd.), anebo v ovládací soustavě (chybná manipulace s vypínacími prvky). Přechodný stav je charakterizovaný zanikáním přechodných složek veličin chodu ES nejčastější formou tlumení vlastních oscilací [4]. Z hlediska rozdělení přechodných dějů v ES a volby zjednodušení při jejich řešení je důležité porovnání doby trvání zániku přechodných složek veličin chodu a jejich periody s periodou průmyslového proudu [2]. Přechodné děje rozdělujeme [2]:

1. **Pomalé – elektromechanické.** U nich je perioda volných složek tak velká, že se v přechodném ději uplatňují i setrvačné hmoty velkých rotačních strojů v soustavě. V elektrické části soustavy je vzhledem k délce periody použito náhrady pomocí soustředěných parametrů.
2. **Středně rychlé – elektromagnetické.** U nich je perioda přechodných složek srovnatelná s periodou proudu s jmenovitým kmitočtem. Vliv setrvačných hmot rotačních strojů se zanedbává a elektrická část se řeší za pomoci soustředěných parametrů.
3. **Rychlé přechodné jevy,** u kterých je perioda přechodných složek podstatně menší než u proudu s jmenovitým kmitočtem. Vliv setrvačných hmot je rovněž zanedbatelný a elektrická část se řeší pomocí náhradních obvodů s homogenně rozloženými parametry.

Elektromechanické přechodné děje souvisí s náhlou změnou zatížení zdrojů, při kterém vzniká nerovnováha mezi elektrickým a mechanickým momentem na hřídeli generátoru, což ohrožuje synchronní chod. Příčinou těchto přechodných jevů mohou být změny ve spojení sítě uskutečňované obsluhou nebo automatikami podle provozních požadavků (velikosti zatížení, odstavování pro kontroly a údržbu), porušení izolace v důsledku jejího stárnutí, vzniku nepředpokládaného napětí (úder blesku), méně často také náhlou velkou změnou výkonu odběru [4].

Elektromagnetické přechodné děje jsou způsobené zkratovou poruchou, což je náhlá změna izolačního odporu mezi krajními vodiči, středním vodičem nebo zemí v uzemňovací soustavě [4].

Vlnové přechodné děje jsou vyvolané úderem blesku do prvků ES, do jejich těsné blízkosti nebo jsou způsobené spínacími pochody [4].

Uvedené rozdělení podle doby periody přechodných složek veličin chodu má význam jenom z hlediska způsobu řešení, tj. možnosti zjednodušení matematického vyjádření děje. Tento typ dělení nemá smysl z hlediska příčin přechodného děje, protože jedna příčina může způsobit všechny 3 typy přechodných dějů (pomalé, středně rychlé a rychlé) [2].

3.1 Zkraty v elektrizační soustavě

Zkratem (zkratovou poruchou v ES) rozumíme elektromagnetický přechodný děj, který je časově omezený okamžikem náhlého zmenšení impedance mezi krajními vodiči, případně

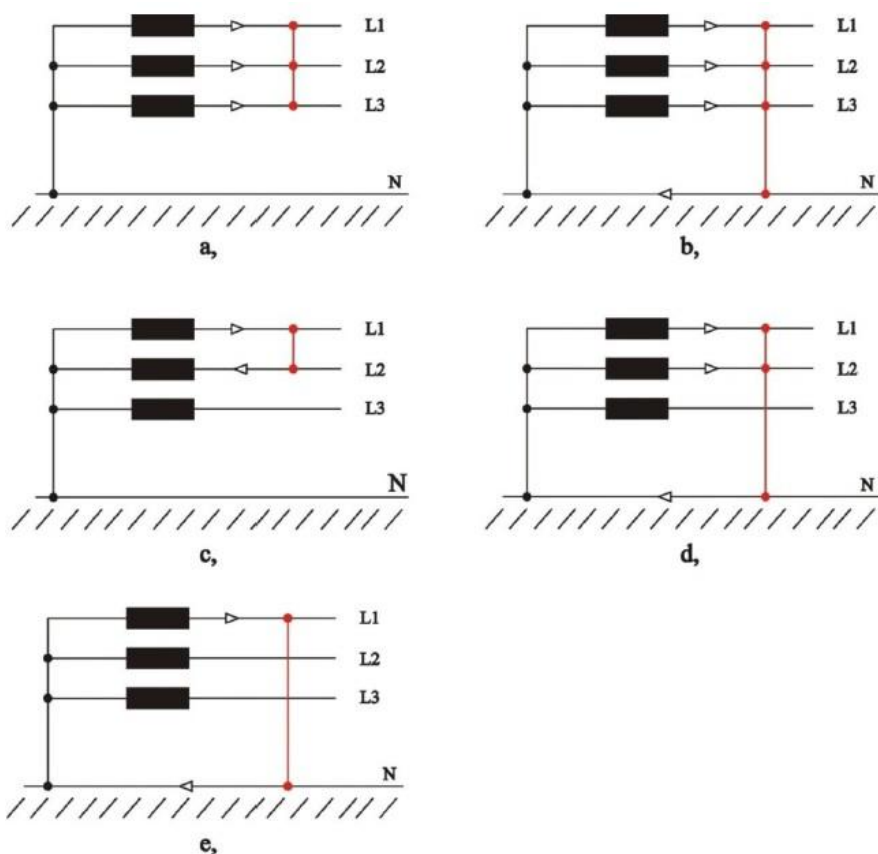
středním vodičem, anebo zemí v některé části ES (v místě poruchy) a okamžikem odpojení zdroje od místa poruchy [4].

Při zkratu dochází k náhlému poklesu impedance elektrického obvodu, k mimořádnému zmenšení napětí - přičemž do místa poruchy tečou zkratové proudy ze všech zdrojů ES, podle jejich výkonu a elektrické vzdálenosti. Úbytky napětí rostou od místa zdroje k místu do místa zkratu, takže pokles napětí se projeví v celé soustavě. Nejvíc ohrožené je samozřejmě místo zkratu, kterým protéká výsledný zkratový proud [5].

Tento proud ohrožuje zařízení ES svými dynamickými (silovými) a tepelnými účinky, proto je nutné toto zařízení kontrolovat na tyto účinky. Vedle toho je potřeba kontrolovat velikost zotaveného napětí po odepnutí zkratu vypínačem. Zotavené napětí může svojí strmostí narušit nejenom izolaci elektrických zařízení, ale i narušit vlastní vypínací proces ve vypínači opětovným přeskokem vypínací dráhy a znovu zapálením oblouku mezi kontakty vypínače, což může vést i k havárii vypínače [5].

Podle odporu (přechodového) v místě poruchy mezi krajními vodiči, středním vodičem či zemí, zkraty dělíme na **zkraty dokonalé (kovové)**, se zanedbatelným přechodovým odporem (dokonalý styk kovových vodičů) a **zkraty nedokonalé** s nedokonalým stykem vodičů, což má za následek vznik oblouku, z čehož plyne ohrožení místa poruchy a jeho okolí požárem. Podle zatěžování třífázových zdrojů při zkratech rozeznáváme [5]:

- **zkraty souměrné -** trojfázový Obr. 3-1a [[6] str. 85], trojfázový zemní Obr. 3-1b,
- **zkraty nesouměrné -** dvojfázový Obr. 3-1c, dvojfázový zemní Obr. 3-1d, jednofázový Obr. 3-1e.



Obr. 3-1 Druhy zkratů [6]

Tab. 3-1 Pravděpodobnost výskytu různých druhů zkratů v síti [5]

| síť | jednofázový | dvojfázový | dvojfázový zemní | trojfázový |
|-------------|-------------|------------|---------------------|------------|
| 22, 35 kV | 65 % | 10 % | 20 % | 5 % |
| 110 kV | 91 % | 4,8 % | 3,8 % | 0,4 % |
| 220, 400 kV | 94% | 0,6 % | 5,4 % | 0,9 % |

3.1.1 Příčiny vzniku zkratu

Mezi hlavní příčiny vzniku zkratu patří [5]:

- Nedokonalá izolace vyrobená z nevhodných výrobních materiálů či technologických postupů. Další příčinou nedokonalé izolace může být nesprávná montáž (nepředpisové ukládání kabelů), nedodržení technologie při montáži kabelových spojek, koncovek. Dlouhodobé přetěžování kabelových vedení může též způsobit zhoršení kvality izolace. Samozřejmě v průběhu provozu dochází k přirozenému znehodnocování (stárnutí) izolace.
- Vady elektrických zařízení jako např. popraskání izolátorů, znečištění a opálení kontaktů apod. jsou poměrně častou příčinou vzniku zkratů [5].
- Nedostatečné dimenzování s ohledem na tepelné a mechanické namáhání, anebo malá přeskoková vzdálenost [5].
- Cizí zásah do elektrického zařízení způsobuje nejčastěji zkraty. Jde hlavně o mechanické poškození kabelových vedení při zemních pracích. Neméně časté jsou zásahy do venkovních vedení způsobené povětrnostními a přírodními vlivy (pády stromů a větví, vzájemné dotyky větví).
- Chybná manipulace a to hlavně s odpojovači, při spínání dvou sítí, které nejsou synchronní [5].
- Přepětí je též častou příčinou zkratu. Způsobuje zkraty hlavně v zařízeních s nedostatečnou izolací a s nedostatečnými vzduchovými přeskokovými vzdálenostmi, nebo v prostorech se ztíženými klimatickými podmínkami (vysoká vlhkost). Přepětí jsou atmosférická (venkovní), anebo provozní (vnitřní) [7].
 - Atmosférická přepětí vznikají ve venkovních vedeních při přímém úderu blesku do vedení, nebo elektrostatickou indukci při výbojích mimo vedení [5].
 - Provozní přepětí vznikají [5]:
 - při spínacích pochodech,
 - vlivem rezonančních stavů,
 - při zemním spojení,
 - při vypínání malých induktivních proudů (transformátorů naprázdno),
 - při náhlé ztrátě zatížení.

Všechny uvedené příčiny vzniku zkratu často nemusí působit jednotlivě, ale společně dvě a více příčin současně, anebo následně po sobě [5].

3.1.2 Následky zkratu

Zkraty jsou provázené nepříznivými následky, které mohou ohrozit bezpečnost provozu zařízení, ale i bezpečnost obsluhy.

- **Tepelné účinky** vznikají průchodem ekvivalentního oteplovacího zkratového proudu zkratovým obvodem, čímž nastává nadměrné oteplení všech částí zkratového obvodu se všemi nepříznivými následky [7]. Po dobu krátkého trvání zkratu nemůže být teplo odvedeno do okolního prostředí a způsobuje velké oteplení vodičů, strojů a přístrojů.
- **Dynamické sily** jsou způsobené elektromagnetickým působením proudů v sousedních vodičích a jsou jim přímo úměrné. Největší silový ráz je způsobený první amplitudou zkratového proudu (nárazový zkratový proud) [7].
- **Elektrický oblouk** může prakticky vzniknout ve všech případech. Jeho účinky jsou záření a tlak, vyvolané energií oblouku a tepelným a světelným zářením [7].
- **Indukované napětí** na sousedním vedení (slaboproudým, sdělovacím, jistícím) způsobené zkratovým proudem [5]. Podél těchto vedení se může indukovat značné napětí, hlavně když se zkratový proud vrací zpět zemí (zkraty jednofázové a dvojfázové zemní).
- **Ohrožení stability** chodu alternátoru vyvolané tím, že dojde k náhlé změně zatížení a k poklesu napětí na svorkách alternátoru.
- **Přepětí** doprovázející zkrat a to hlavně při jeho vypínání. Nebezpečná je hlavně strmost přepětí. Jestliže je strmost přepětí větší, jako je rychlost zotavující se elektrické pevnosti vypínací dráhy daného vypínače, dochází k znovu zapálení oblouku ve vypínači [5].
- **Pokles napětí** v důsledku zkratu má vliv jak na světelné zdroje, tak i tepelné spotřebiče, ale hlavně ohrožuje provoz synchronních i komutátorových strojů [5].

3.2 Průběh zkratového proudu

Text podkapitoly byl vytvořen podle [4].

Při zkratové poruše dochází k náhlé změně impedance na svorkách zdroje, což má za následek přechodný jev ve všech prvcích ES.

Za těchto zjednodušujících předpokladů (stálého buzení, prvky ES jsou nahrazené jen podélnou impedancí induktivního charakteru) je okamžitá hodnota zkratového proudu neharmonickou funkcí času s třemi přechodnými složkami, které exponenciálně zanikají.

$$i_k = \sqrt{2} \left\{ \left[(I_k'' - I_k') e^{-\frac{t}{\tau_d''}} + (I_k' - I_k) e^{-\frac{t}{\tau_d'}} + I_k \right] \sin(\omega t + \alpha - \varphi_k) - I_k'' e^{-\frac{t}{\tau_s}} \sin(\alpha - \varphi_k) \right\} = i_{ks} + i_{ka} \quad (3.1)$$

kde

α je počáteční fáze fázoru napětí v okamžiku vzniku zkratové poruchy ($t = 0$), která je mírou okamžité hodnoty napětí u_0 na začátku poruchy

$$u_0 = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \alpha)|_{t=0} = \sqrt{2}U \sin \alpha$$

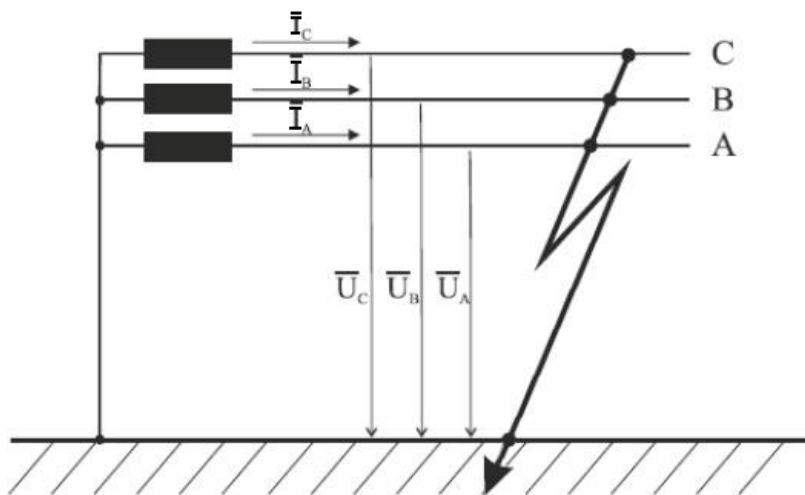
- φ_k je úhel impedance obvodu zkratového proudu (impedance mezi působištěm vnitřního napětí zdroje a místem poruchy),
- I_k'' je počáteční efektivní hodnota rázového (subtranzitního) zkratového proudu – počáteční souměrný rázový zkratový proud,
- I_k' je počáteční efektivní hodnota přechodného (tranzitního) zkratového proudu,
- I_k je efektivní hodnota ustáleného zkratového proudu,
- τ_d'', τ_d' je subtranzitní a tranzitní časová konstanta, subtranzitní a tranzitní složky zkratového proudu, je možné i značení T_k'', T_k' ,
- τ_s je časová konstanta stejnosměrné složky zkratového proudu, je možné i značení ($T_{d.c.}$),
- i_{ks} je okamžitá hodnota střídavého (souměrného) zkratového proudu,
- i_{ka} je okamžitá hodnota stejnosměrné (aperiodické) složky zkratového proudu, je možné značení $i_{d.c.}$,
- i_k je okamžitá hodnota (nesouměrného) zkratového proudu

Protože prvky ES jsou nahrazené pouze podélnou reaktancí (činné odpory jsou zanedbatelné), má zkratový proud především induktivní charakter a je přibližně zpožděný za napětím o $\pi/2$.

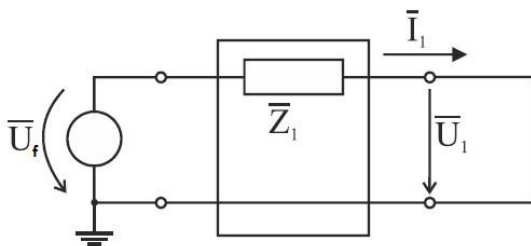
Z rovnice (3.1) je zřejmé, že velikost zkreslení střídavého zkratového proudu stejnosměrnou složkou je závislé na okamžité hodnotě napětí při vzniku zkratové poruchy, tj. na úhlu α .

3.3 Trojfázový zemní zkrat

Text podkapitoly byl vytvořen podle [10].



Obr. 3-2 Trojfázový zemní zkrat [10]



Obr. 3-3 Náhradní schéma při trojfázovém zkratu [10]

Při uvažování jednoduché symetrické trojfázové soustavy při chodu naprázdno, si můžeme vyjádřit fázory napětí v soustavě souměrných složek:

$$\begin{aligned}\bar{U}_A &= \bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_0 \\ \bar{U}_B &= \bar{a}^2 \bar{U}_1 + \bar{a} \bar{U}_2 + \bar{U}_0 \\ \bar{U}_C &= \bar{a} \bar{U}_1 + \bar{a}^2 \bar{U}_2 + \bar{U}_0\end{aligned}\quad (3.2)$$

Analogické vyjádření proudů:

$$\begin{aligned}\bar{I}_A &= \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_B &= \bar{a}^2 \bar{I}_1 + \bar{a} \bar{I}_2 + \bar{I}_0 \\ \bar{I}_C &= \bar{a} \bar{I}_1 + \bar{a}^2 \bar{I}_2 + \bar{I}_0\end{aligned}\quad (3.3)$$

Základní rovnice složkových soustav:

$$\begin{aligned}\bar{U}_i &= \bar{U}_f = \bar{Z}_1 \cdot \bar{I}_1 + \bar{U}_1 \\ 0 &= \bar{Z}_2 \cdot \bar{I}_2 + \bar{U}_2 \\ 0 &= \bar{Z}_0 \cdot \bar{I}_0 + \bar{U}_0\end{aligned}\quad (3.4)$$

Jak můžeme vidět z Obr. 3-2 a Obr. 3-3 [[10] str. 48], tento typ zkratu poskytuje v místě poruchy rovnici:

$$\bar{U}_A = \bar{U}_B = \bar{U}_C = 0 \quad (3.5)$$

Dosazením do rovnice (3.2) dostáváme:

$$\begin{aligned}0 &= \bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_0 \\ 0 &= \bar{a}^2 \bar{U}_1 + \bar{a} \bar{U}_2 + \bar{U}_0 \\ 0 &= \bar{a} \bar{U}_1 + \bar{a}^2 \bar{U}_2 + \bar{U}_0\end{aligned}\quad (3.6)$$

Po sečtení rovnic zjistíme, že $\bar{U}_0 = 0$. Použijeme-li tuto hodnotu při odečtení druhé rovnice od první, tak dostáváme:

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_2 = \bar{U}_0 = 0 \quad (3.7)$$

Dosazením rovnice (3.7) do (3.4) dostaneme:

$$\bar{I}_1 = \frac{\bar{U}_i}{\bar{Z}_1}; \quad \bar{I}_2 = 0; \quad \bar{I}_0 = 0 \quad (3.8)$$

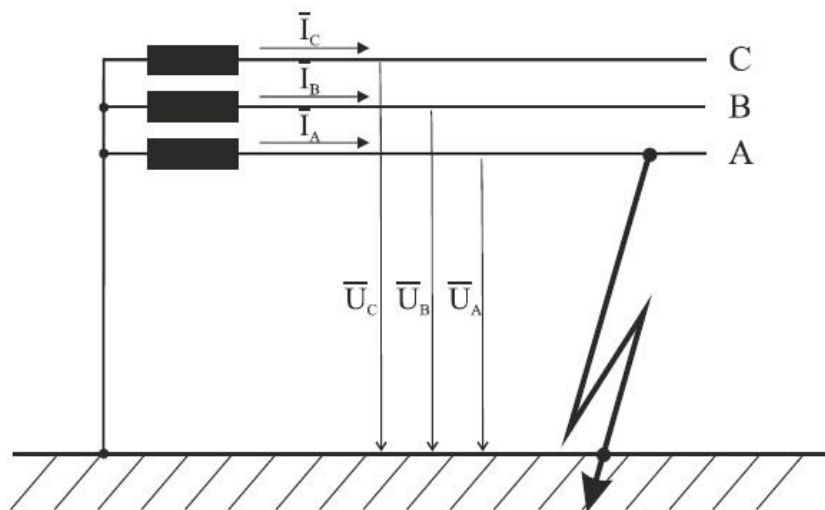
Zkratové proudy v jednotlivých fázích při respektování chodu naprázdno jsou potom:

$$\bar{I}_A = \frac{\bar{U}_f}{\bar{Z}_1}; \quad \bar{I}_B = \bar{a}^2 \frac{\bar{U}_f}{\bar{Z}_1}; \quad \bar{I}_C = \bar{a} \frac{\bar{U}_f}{\bar{Z}_1} \quad (3.9)$$

Z rovnice (3.9) vidíme, že při trojfázovém zkratu se uplatní pouze sousledná soustava.

3.4 Jednofázový zkrat

Jednofázový zkrat znázorňuje Obr. 3-4 [[10] str. 49]. Náhradní schéma jednofázového zkratu je na Obr. 3-5 [[10] str. 49].



Obr. 3-4 Jednofázový zkrat [10]

Tento typ zkratu poskytuje v místě poruchy tyto rovnice:

$$\bar{U}_A = 0; \quad \bar{I}_B = \bar{I}_C = 0 \quad (3.10)$$

Dosazením rovnice (3.10) do rovnic (3.2) a (3.3) dostáváme:

$$\begin{aligned} \bar{U}_A &= \bar{U}_1 + \bar{U}_2 + \bar{U}_0 = 0 \\ \bar{I}_B &= \bar{a}^2 \bar{I}_1 + \bar{a} \bar{I}_2 + \bar{I}_0 = 0 \\ \bar{I}_C &= \bar{a} \bar{I}_1 + \bar{a}^2 \bar{I}_2 + \bar{I}_0 = 0 \end{aligned} \quad (3.11)$$

Provedeme-li odečet posledních dvou rovnic z rovnice (3.11), potom bude:

$$(\bar{a} - \bar{a}^2) \bar{I}_1 + (\bar{a}^2 - \bar{a}) \bar{I}_2 = 0 \quad (3.12)$$

Dosadíme-li rovnici (3.12) do rovnice (3.3), získáváme $\bar{I}_0 = \bar{I}_1 = \bar{I}_2$. Základní rovnice složkových soustav (3.4) pak přejdou na tvar:

$$\begin{aligned} \bar{U}_i &= \bar{Z}_1 \cdot \bar{I}_1 + \bar{U}_1 \\ 0 &= \bar{Z}_2 \cdot \bar{I}_1 + \bar{U}_2 \\ 0 &= \bar{Z}_0 \cdot \bar{I}_1 + \bar{U}_0 \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sečtením těchto rovnic a respektováním a respektování rovnice (3.11) dostaneme:

$$\bar{U}_i = (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0) \cdot \bar{I}_1 \quad (3.14)$$

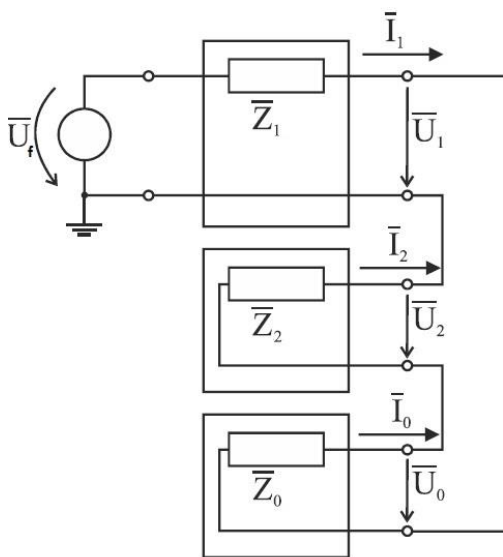
Odkud

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}_0 = \frac{\bar{U}_i}{(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0)} \quad (3.15)$$

Zkratový proud ve fázi A bude:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}_0 = \frac{3 \cdot \bar{U}_f}{(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_0)} \quad (3.16)$$

Z rovnice (3.16) vidíme, že u jednofázového zkratu je nutné určit všechny tři složkové impedance.



Obr. 3-5 Náhradní schéma při jednofázovém zkratu [10]

3.5 Zkratové impedance elektrických zařízení

Výpočetní program PAS DAISY Bizon počítá zkratové impedance elektrických zařízení dle ČSN EN 60909 – 3: 2016 ed.2 [8].

4 POPIS DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY ČEZD – VÝCHOD, VAZBY NA PŘENOSOVOU SOUSTAVU

4.1 Distribuční soustava (DS)

ČEZ Distribuce, a.s. provozuje distribuční síť o napěťových hladinách:

- velmi vysokého napětí (vvv) – 110 kV;
- vysokého napětí (vn) – 35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV;
- nízkého napětí (nn) – 0,4 kV.

4.2 Vazba DS vvv v transformačních stanicích PS/110 kV

Distribuční soustava ČEZd – Východ je napájena z přenosové soustavy (PS) společnosti ČEPS, a. s. S přenosovou soustavou má ČEZd – Východ čtyři vtoková výkonová hrdla. Nejstarší rozvodnou PS je uzel 220/110 kV Opočínec (uveden do provozu v roce 1952). Zde jsou instalovány dva stroje 220/110/10,5 kV 200 MVA (T201, T202).

Věkově druhým uzlem je Krasíkov 400/110/10,5 kV (uveden do provozu v dubnu 1974). Zde jsou instalovány tři stroje 400/110/10,5 kV 350 MVA (T401, T402, T403). Do terciárů strojů T401 a T402 jsou vyvedeny rotační kompenzátory KP1 (T401) a KP2 (T402). Regulační rozsah strojů je 100 MVar do přebuzeného stavu a 50 MVar do podbuzeného stavu.

Na počátku 80. let minulého století byly uvedeny do provozu vazby 400/110/10,5 kV Neznášov a Mírovka. V létě roku 1980 byl uveden do provozu uzel 400/110/10,5 kV Neznášov. Zde jsou instalovány dva stroje 400/110/10,5 kV 350 MVA (T401, T402). Nejmladším uzlem PS v oblasti ČEZd – Východ je uzel 400/110/10,5 kV Mírovka. Ten byl uveden do provozu v létě roku 1981. Zde jsou instalovány dva stroje 400/110/10,5 kV 350 MVA (T401, T403).

Do systému 400 kV na území Pardubického kraje je vyvedena Elektrárna Chvaletice. Vyvedení čtyř bloků 200 MVA zajišťují vedení V471 (B1, B2) a V472 (B3, B4) Elektrárna Chvaletice – Týnec nad Labem. Uzel 400/110/10,5 kV Týnec nad Labem je napájen po vedeních PS V400 (Čechy Střed – Týnec nad Labem) a V401 (Krasíkov – Týnec nad Labem).

Nejvýznamnějším zdrojem na území Pardubického kraje do systému 110 kV je Elektrárna Opatovice nad Labem. Instalovaný výkon v šesti blocích je 363 MW. Bloky tg1, tg2 a tg4 jsou čistě kondenzační. Bloky tg3 a tg6 jsou kondenzační odběrové. Blok tg5 je čistě protitlaký. Šest kotlů K1 – K6 pracuje do společného parovodu. Blok tg1 má blokové vyvedení výkonu po vedení V931 do Opočínku. Blok tg3 má variantní vyvedení do přípojníc W1/W2 a vedení V933 do Opočínku. Bloky tg2, tg4, tg5 a tg6 mají vyvedení do přípojníc W1/W2 rozvodny 110 kV Opatovice nad Labem. Celkové vyvedení výkonu elektrárny z dvousystémové R 110 kV je v základním zapojení směřováno proti uzlu Opočínec a Neznášov. Ve variantních zapojeních systému 110 kV R 110 kV Opatovice nad Labem, může být vyvedena část výroby proti uzlu Krasíkov, Mírovka, případně Týnec nad Labem.

V severní části Královéhradeckého kraje je do systému 110 kV ČEZd – Východ vyvedena do R 110 kV Poříčí Elektrárna Poříčí. Instalovaný výkon ve třech blocích je 165 MW. Vyvedení všech třech bloků je blokové po vedeních V911 (tg1), V912 (tg2) a V913 (tg3). Vedení V914 zajišťuje napájení stroje VS T9 (110/6,3 kV).

Poslední větší zdroj do systému 110 kV je výroba závodní elektrárny Semtín a Krkonošských papíren Hostinné. Instalovaný výkon Semtína ve čtyřech blocích je 65 MW. Vyvedení výkonu do lokální distribuční soustavy 6,3 kV Semtína a dále přebytek výroby přes stroje 110/6,3 kV (T101 a T102) R 110 kV Semtín do tahu 110 kV V936/V935/V934 Opatovice nad Labem – Opočíněk. Instalovaný výkon Hostinného je 4,5 MW v jednom bloku do lokální distribuční soustavy 6,3 kV Hostinné. Vazba na systém 110 kV ČEZd přes stroje T101 a T102 110/6,3 kV Hostinné.

4.3 Páteří popis provozu distribuční sítě 110 kV dle uzlových oblastí

Základní zapojení sítě 110 kV ČR je definováno Provozní instrukcí ČEPS, a. s. PI 527 – 1 [11]. Základní zapojení sítě 400 kV a 220 kV je definováno Provozní instrukcí ČEPS, a. s. PI 520 – 5 [12].

Distribuční síť ČEZd – Východ je proti přenosové soustavě ČEPS provozovaná v oddělených oblastech, tzv. uzlové napájení oblasti (UNO) náležící jednotlivým transformátorům 400/110 kV resp. 220/110 kV s maximálním možným zkruhováním jednotlivých celků.

Následně si ve stručnosti jednotlivé uzlové napájecí oblasti 110 kV ČEZd – Východ, včetně dělicích hraničních bodů v R 110 kV popíšeme.

4.3.1 Uzlová napájecí oblast Neznášov (UNO NEZ_)

Je napájena z přenosové soustavy stroji ČEPS, a. s. T401 a T402 NEZ_ (2 x 350 MVA). Způsob napájení z přenosové soustavy popsán v kapitole 5.2. Napájí část Libereckého kraje (okres Semily), severní část Královéhradeckého kraje (okresy Jičín, Trutnov, Náchod, část okresu Rychnov nad Kněžnou) a část jižní oblasti Královéhradeckého kraje (okres Hradec Králové, část okresu Pardubice). Z uzlu je napájen pouze konzum 110 kV/vn ČEZd – Východ. Od zprovoznění uzlu 400/110 kV v létě roku 1980 byly provozovány stroje 400/110 kV přes jeden společný vypínač 400 kV. Od roku 1993 je UNO NEZ_ provozována v dvojtransformátorovém můstkovém zapojení PI ČED 553 – 5 [13]. Provoz přes společný vypínač přinášel provozní problémy při realizaci ŘPÚ odpojovačů 400 kV a společného vypínače 400 kV (vypnutí celé transformace 400/110 kV na 12 – 16 dnů). Toto provozní omezení bylo odstraněno při realizaci rekonstrukce rozvodny 400 kV ČEPS, a. s. v letech 2004 – 2006. Hraniční dělicí rozvodnou proti uzlu 400/110/10,5 kV a 220/110/10,5 kV je rozvodna 110 kV Semily. Proti uzlu 220/110/10,5 kV Boguszów rozvodna Poříčí. Hranice s uzlem 400/110/10,5 kV jsou v rozvodně 110 kV Rychnov nad Kněžnou. Jižní hranici proti uzlu 220/110/10,5 kV Opočíněk vymezuje rozvodna 110 kV Opatovice nad Labem (vyvedení výkonu Elektrárny Opatovice nad Labem).

Západně východním směrem přes tah 110 kV V1153/V1173/V1174 je variantně definována hranice mezi UNO NEZ_ (UNO OPO_) a UNO KRA_ v rozvodně 110 kV Choceln. UNO NEZ_ je proti UNO BEZ_ výkonově proti hranici směřována tahem 110 kV V1117 / V1118 / V1157 / V1116 (2 x 450 AIFe). Jižní tah proti hranici s UNO OPO_ přes R 110 kV Všestary je V1155 / V1156 (2 x 450 AIFe) a dále V1159/V1161/V1162 (2 x 240 AIFe). Severním směrem proti hranici s UNO BOGU je provozován tah V1163/V1164 (2 x 450 AIFe) v R 110 kV Poříčí (vyvedení Elektrárny Poříčí). Východním směrem je proti hranici s UNO KRA_ provozován tah V1195/V1196 (2 x 450 AIFe). Celkové zkruhování systému 110 kV UNO NEZ_ je zřetelné z definování výchozích předpokladů zapojení pro celou práci.

4.3.2 Uzlová napájecí oblast Opočíněk (UNO OPO_)

Je napájena z přenosové soustavy stroji ČEPS, a. s. T201 a T202 OPO_ (2 x 350 MVA). Napájení ze systému 220 kV smyčkou z tahu V202/V203 (V202: Čechy Střed – Opočíněk, V203: Opočíněk – Sokolnice). Paralelně s tímto tahem 220 kV je provozován tah V204/V207 (Milín – Tábor – Sokolnice) severně jižně propojen vedením V208 (Čechy Střed – Milín). Uzel napájí převážnou západní část Pardubického kraje (okresy Pardubice a Chrudim). Z uzlu je napájen pouze konzum 110 kV/vn ČEZd – Východ. Proti R 110 kV Opatovice nad Labem je uzel 220/110/10,5 kV vázán tahem V1171/V1172 (2 x 450 AlFe). Paralelní tah V936/V935/V934 napájí R 110/6,3 kV Semtín a Rybitví. Dělicím místem proti UNO NEZ_ R 110 kV Opatovice nad Labem, proti UNO TYN_ R 110 kV Elektrárna Chvaletice (tah 110 kV V1133/V1134 a dále V1139/V1140 – 2 x 240 AlFe), proti UNO HBM_ R 110 kV Havlíčkův Brod (tah 110 kV V1135 / V1136 /V1145/1146 2 x 240 AlFe) a R 110 kV Hlinsko v Čechách (tah 110 kV V1131/V1132 a dále V1141/V1142 – 2 x 240 AlFe).

4.3.3 Uzlová napájecí oblast Krasíkov (UNO KRA_)

Je napájena z přenosové soustavy stroji ČEPS, a. s. T401, T402 a T403 KRA_ (3 x 350 MVA). Způsob napájení z přenosové soustavy popsán v kapitole 5.1. Z uzlu je napájen konzum 110 kV/vn ČEZd – Východ a ČEZd – Morava. Od roku 2003 (rok zprovoznění stroje T403 KRA_ k tehdejším strojům 2 x 250 MVA T401/T402 KRA_) je UNO KRA_ provozována v dvoutransformátorovém – třítransformátorovém můstkovém zapojení dle PI ČEPS, a. s. PI 520 – 160 [14]. Severní tahy 110 kV V1123/V1124 (2 x 450 AlFe) a V1121-V1126/V1125/V1122 (2 x 185 AlFe) tranzitují výkon do R 110 kV Česká Třebová (podružné rozpadové místo můstkového provozu). Dále tahy 110 kV V1178/V1179/V1170 (2 x 240 AlFe) a V1180/V1181/V1182/V1183 (2 x 450 AlFe) tranzitují výkon proti hraničním rozvodnám 110 kV Choceň (UNO KRA_ – UNO NEZ_, UNO OPO_) a Rychnov nad Kněžnou (UNO KRA_ – UNO NEZ_). Jižní tah V1011/V1012/V1013 (2 x 240 AlFe) tranzituje výkon ČEZd – Východ do R 110 kV Svitavy a Moravská Třebová. Dělicím místem proti UNO CEB_ je provozně vypnuté vedení V1147 v R 110 kV Moravská Třebová. Jižní tahy 110 kV V593/V594 (2 x 350 AlFe) a V591/V592 (2 x 185 AlFe) tranzitují výkon ČEZd – Morava směr R 110 kV Ráječek a dále k hraničním rozvodnám 110 kV Česká Ves (UNO KRA_ – UNO HZI_) a Červenka (UNO KRA_ – UNO PRN_).

4.3.4 Uzlová napájecí oblast Mírovka (UNO HBM_)

Je napájena z přenosové soustavy stroji ČEPS, a. s. T401 a T403 HBM_ (2 x 350 MVA). Napájení ze systému 400 kV smyčkou z tahu V420/V422 (V420: Hradec u Kadaně Východ – Mírovka, V422: Mírovka – Čebín). Z uzlu je napájen konzum 110 kV/vn ČEZd – Východ, E. ON – Západ a E. ON – Východ. Severní tahy V1307/V1308 (2 x 185 AlFe) a V1304/V1303 (1 x 185 AlFe) napájí konzum ČEZd – Východ proti hraniční rozvodně 110 kV Havlíčkův Brod (UNO_ HBM – UNO OPO_). Jižní tah 110 kV V1389/V1390 napájí konzum E. ON – Západ ve směru k hraniční rozvodně Pacov (UNO HBM_ – UNO TAB_, provozně vypnuté vedení V1358) a Jindřichův Hradec (UNO HBM_ – UNO DAS_, provozně vypnuté vedení V1394). Jižní tah 110 kV V1317/V1318 napájí konzum E. ON – Východ ve směru k hraniční rozvodně 110 kV Jihlava – Kosov (UNO HBM_ – UNO SLV_, vypnutý vypínač rozšířeného zapojení typu H). Jižní tah 110 kV V1309/V1310/V1311/V5536 napájí konzum E. ON – Východ ve směru k hraniční rozvodně 110 kV Žďár nad Sázavou (UNO HBM_ – UNO CEB_, vypnutý vypínač vedení V509).

5 DEFINICE PROVOZŮ UNO NEZ_ A UNO KRA_

V této kapitole se podrobněji seznámíme s oddělenými provozy UNO KRA_ a UNO NEZ_, včetně stručného komentáře o jednotlivých rozvodnách 110 kV/vn. Popíšeme si zapojení uvažované pro výpočet oddělených provozů UNO KRA_ a UNO NEZ_. Zatížení bylo převzato ze zimního měření 18. ledna 2017, 17:00 hodin.

5.1 Uzlová napájecí oblast Krasíkov (UNO KRA_)

Napájecí uzlovou rozvodnou UNO KRA_ je R 110 kV Krasíkov. R 110 kV Krasíkov je propojená s nadřazenou PS 400 kV pomocí vedení V401 (Krasíkov – Týnec nad Labem, tah 400 kV proti R 400 kV Čechy Střed přes R 400 kV Týnec nad Labem), V402 (Krasíkov – Prosenice), V453 (Krasíkov – Neznášov), V457 (Krasíkov – Dlouhé Stráně). Vyvedení PVE Dlouhé Stráně (2 x 325 MW) a V458 (Krasíkov – Horní Životice).

R 110 kV Krasíkov je vybavena třemi systémy hlavních přípojníc (W1, W2, W3) a přípojníc pomocnou (W5). Přípojnice jsou rozděleny do dvou úseků a jsou spínány v poli podélného dělení přípojníc (PD). R 110 kV Krasíkov je napájena pomocí dvou transformátorů 400/110/10,5 kV (T401 a T402) a jednoho transformátoru 400/110 kV (T403). Odpojovače podélného dělení přípojníc v poli AEA16 jsou při normálním provozním stavu trvale zapnuty. Varianty základních zapojení pro letní a zimní období jsou dány Provozní instrukcí ČEPS, a. s. PI 520 – 160 [14]. Zkratová odolnost R 110 kV ($I_{th} = 40$ kA, $I_{km} = 100$ kA).

Definované zapojení uzlové R 110 kV Krasíkov pro výpočet:

- W1: T403, V1011, V1121, V1123, V1127, HDO1;
- W2: T401, V1012, V1124, V1126, V1128, HDO2,
SP1 zapnuta W1/W2 (sada nastavení distanční ochrany č. 1 – rychlý rozpad);
- W3: T402, V591, V592, V593, V594. SP2 vypnuta, odpojovače W1/W3 připraveny;
- W51: volná bez U. W52: volná bez U. SPP1 a SPP2 vypnuty a odpojeny.

5.1.1 Popis podružných transformoven 110 kV/vn v uzlové oblasti Krasíkov (UNO KRA_)

- **TR 110/27/22 kV Svitavy ČD (SY_SVID)**

Cizí zapouzďená R 110 kV (SŽDC, H systém: dva vývody, dva transformátory). Jde o NS, kde se provozně na koridoru ČD dělí stejnosměrná trakce 3 kV a trakce střídavá 25 kV 50 Hz. Stroj T101 napájí trakci střídavou, stroj T102 trakci stejnosměrnou. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA).

Definované zapojení pro výpočet:

- W12: V1014 - T101;
- W11: V1015 - T102. PD1 vypnuto.

- **TR 110/22 kV Svitavy (SY_SVIT)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Svitavy je venkovní, jednořadá s jednou podélně dělenou hlavní přípojníc (H systém: W11, W12), vyzbrojena čtyřmi vývodovými poli a dvěma transformátorovými poli, spínanou odpojovači Q11, Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} =$

25 kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1012, V1014, T101;

W12: V1013, V1015, T102. V1121 vypnuto, PD1 zapnuto.

- **TR 110/22 kV Moravská Třebová (SY_MTRE)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Moravská Třebová je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena třemi vývodovými poli a jedním polem přívodu transformátoru. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16$ kA, $I_{km} = 40$ kA). Osazena transformátorem T101 o jmenovitém výkonu ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1011, T101;

W11: V1013, V1147 vypnuto. PD1 zapnuto.

- **TR 110/22 kV Jablonné n. Orlicí (UO_JABL)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Jablonné nad Orlicí je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), dvě pole vývodová a dvě pole přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 50$ kA). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 25$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1128, T101;

W12: V1127, T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/35/22/6 kV Česká Třebová (UO_CTRE)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Česká Třebová je venkovní, dvouřadá, má dva systémy hlavních přípojníc (W1, W2). Přípojnice W1 je namontována v obou řadách. Pro spínání přípojníc je osazen spínač přípojníc. Zkratová odolnost ($I_{th} = 20$ kA, $I_{km} = 50$ kA). Osazena třemi transformátory 110/35 kV (T101, T102, T103) $S_n = 25$ MVA, dvěma transformátory 110/22 kV (T104, T105) $S_n = 25$ MVA a dvěma transformátory 35/6 kV (T31, T32) $S_n = 6,3$ MVA. Koncepčně je zapojena R 110 kV jako podružné rozpadové místo můstkového provozu strojů T403/T402 KRA_ s můstkovým rozpadem na SP1. Pro zajímavost jde o jedinou R 110 kV, kde v objektu R 110 kV vedle sebe stojí stroje 110/35 kV a 110/22 kV. Toto je dáno historickým vývojem napěťových hladin na území bývalého Československa v tehdejších regionálních energetikách.

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1121, V1123, V1179, V1181, T104, T105;

W2: V1122, V1124, V1178, V1180, odpojovače T101, T102, T103;

SP1 zapnuta (rychlé nastavení nadproudové ochrany – můstkový rozpad).

- **TR 110/22 kV Lanškroun (UO_LANS)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Lanškroun je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25 \text{ kA}$, $I_{km} = 63 \text{ kA}$). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 25 \text{ MVA}$).

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1125, T102;

W11: V1126, T101. PD1 zapnuto.

- **TR 110/22 kV Rudoltice ČD (UO_RUDO)**

Je cizí (SŽDC) venkovní R 110 kV. Jedná se o dvouřadou R 110 kV s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), dvě pole vývodová a dvě pole přívodů transformátorů, spínanou vypínačem QM a odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno vypínačem QM a odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16 \text{ kA}$, $I_{km} = 40 \text{ kA}$). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 12,5 \text{ MVA}$). Transformátory napájí stejnosměrnou trakci na trati Česká Třebová – Zábřeh na Moravě, proti dělicí NS SŽDC Hoštejn.

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1122, T101;

W12: V1125, T102. HSP: zapnuta.

- **TR 110/35/22 kV Ústí nad Orlicí (UO_USTI)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Ústí nad Orlicí je venkovní, dvouřadá se dvěma systémy hlavních přípojníc (W1, W2), spínaných spínačem přípojníc SP1. Rozvodna má osm vyzbrojených polí (vč. pole měření s odpojovači). Zkratová odolnost ($I_{th} = 16 \text{ kA}$, $I_{km} = 40 \text{ kA}$). Osazena dvěma transformátory 110/22 kV (T101, T102) o jmenovitém výkonu ($S_n = 16 \text{ MVA}$) a transformátorem 110/35 kV (T103) o jmenovitém výkonu ($S_n = 25 \text{ MVA}$). Transformátory T101 a T102 napájí stejnosměrnou trakci na trati Pardubice – Česká Třebová, proti dělicí NS SŽDC Choceň, Rudoltice a Svitavy, dále na trati Ústí nad Orlicí – Letohrad – Lichkov. Stroj T103 napájí konzum ČEZd – Východ.

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1180, V1182, T101, odpojovače T102, T103, odpojovače V1178;

W2: volná. SP1 vypnuta, odpojovače Q1 + Q2 připraveny.

- **TR 110/35 kV Žamberk (UO_ZAMB)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Žamberk je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25 \text{ kA}$, $I_{km} = 63 \text{ kA}$). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 40 \text{ MVA}$).

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1181, T101;
W12: V1183, T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/35 kV Litomyšl VERTEX (SY_LITO)**

Je cizí (SAINT-GOBAIN Litomyšl) venkovní R 110 kV. Jedná se o dvouřadou R 110 kV se dvěma systémy hlavních přípojníc (W1, W2), spínaných spínačem přípojníc SP1. Rozvodna má šest vyzbrojených polí (včetně pole měření s odpojovači). Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena dvěma transformátory 110/35 kV (T101, T102) o jmenovitém výkonu ($S_n = 16$ MVA). Transformátory T101 a T102 napájí lokální systém 35 kV SAINT-GOBAIN, který má provozní rozhraní se systémem 35 kV ČEZd přes pole 35 kV č. 10 (VN872), které je v základním zapojení provozně vypnuto vypínačem.

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1170, T101;
W2: V1179, T102. SP1 zapnuta.

- **TR 110/35 kV Vamberk (RK_VAMB)**

Je cizí atypická venkovní R 110 kV. Jedná se o vysunutá pole 110 kV strojů T101 a T102 na vedení V1989 (T102) a V1990 (T101). Transformátory T101 a T102 napájí lokální systém 35 kV ESAB Vamberk, který nemá provozní rozhraní se systémem 35 kV ČEZd. Jmenovitý výkon T101 a T102 je ($S_n = 25$ MVA). Vývodové pole 110 kV V1989 a V1990 vyzbrojeno odpojovačem se zemním nožem. Vypínač 110 kV již přísluší T101 (T102). Zkratová odolnost ($I_{th} = 16$ kA, $I_{km} = 45$ kA).

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1990 - T101;
W2: V1989 - T102.

5.2 Uzlová napájecí oblast Neznášov (UNO NEZ_)

Napájecí uzlovou rozvodnou UNO NEZ_ je R 110 kV Neznášov. R 110 kV Neznášov je propojená s nadřazenou PS 400 kV pomocí vedení V452 (Neznášov – Bezděčín) a V453 (Neznášov – Krasíkov). Severní tah 400 kV Vyškov – Babylon – Bezděčín – Neznášov – Krasíkov je propojen severně jižně od září 2007 vedením V454 (Čechy Střed – Bezděčín). Tímto propojením došlo k výraznému zvýšení spolehlivosti dotčených R 400 kV.

R 110 kV Neznášov je vybavena třemi systémy hlavních přípojníc (W1, W2, W3) a přípojnící pomocnou (W5). Přípojnice jsou rozděleny do dvou úseků a jsou spínány v poli podélného dělení přípojníc (PD). R 110 kV Neznášov je napájena pomocí dvou transformátorů 400/110/10,5 kV (T401 a T402), oba o ($S_n = 350$ MVA). Odpojovače podélného dělení přípojníc v poli AEA22 jsou při normálním provozním stavu trvale vypnuty. Na rozdíl od R 110 kV Krasíkov je v R 110 kV Neznášov na PD pouze prostorová přípojnicová rezerva. Standardním provozním stavem rozvodny 110 kV je provoz transformátorů T401 a T402 do dvou přípojníc, které jsou sepnuty spínačem přípojníc SP1 do paralelního provozu (rychlé rozpadové nastavení nadproudové ochrany). Zkratová odolnost R 110 kV ($I_{th} = 40$ kA, $I_{km} = 100$ kA).

Definované zapojení uzlové R 110 kV Krasíkov pro výpočet:

W1: T401, HDO1, V1163, V1164, V1118, V1155, odpojovače V1981;

- W2: T402, HDO2, V1195, V1196, V1117, V1156. SP1 zapnuta W1//W2 (rychlý rozpad);
 W3: volná;
 W5: volná; SPP1 vypnuta a odpojena.

5.2.1 Popis podružných transformoven 110 kV/vn v uzlové oblasti Neznášov (UNO NEZ_)

- **TR 110/35 kV Lipnice (TU_LIPE)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Lipnice je zapouzdřená rozvodna 110 kV. Modulově je sestavena z pěti polí. Má dělenou přípojnicí (H – systém: W11 a W12) s podélným dělením přípojnice dvěma odpojovači (Q11 a Q12). Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena dvěma transformátory 110/35 kV (T101, T102) $S_n = 40$ MVA.

Definované zapojení pro výpočet:

- W12: V1116, T101;
 W11: V1118, T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/35/10 kV Nová Paka (JC_NOPA)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Nová Paka je venkovní, jednořadá se dvěma systémy přípojníc W1 a W2 s příčnou spojkou přípojníc SP1. Rozvodna je osazena třemi poli s vývody pro vrchní vedení, dvěma poli s vývody na transformátory T101 a T102 a polem příčné spojky přípojníc SP1. Pole měření bez odpojovačů. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena transformátory T101, T102 každý ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

- W1: V1157, V1111, V1117, T102, odpojovače T101;
 W2: odpojovače T101, SP1 vypnuta včetně odpojovačů.

- **TR 110/35 kV Semily (SM_SEMI)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Semily je venkovní, dvouřadá se dvěma systémy přípojníc W1, W2, které jsou spínány příčným spínačem přípojníc SP1. Jde o hraniční rozvodu 110 kV mezi UNO NEZ_ a UNO BEZ_. Přípojnice W1 je ve dvou řadách s propojením v polích AEA09 a AEA10. V rozvodně 110 kV je vyzbrojeno šest vývodových polí, tři pole přívodů transformátorů a jedno pole spínače přípojníc. Pole měření bez odpojovačů. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena transformátory T101, T102 po ($S_n = 40$ MVA) a T103 ($S_n = 25$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

- W1 (UNO NEZ_): V1157, V1116, V1103, V1104, T101, T102, odpojovače T103;
 W2 (UNO BEZ_): V1100, V1101. SP1 vypnuta, odpojovače W1/W2 připraveny.

- **TR 110/35/10 kV Rokytnice nad Jizerou (SM_ROKY)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Rokytnice nad Jizerou je vnitřní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení

přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Rozvodna je osazena dvěma vývody vrchních vedení (vyzbrojena pouze vývodovým odpojovačem a zemním nožem, sestava Q6 + QE6), dvěma transformátory 110/35 kV - T101, T102 (výzbroj pole 110 kV pouze vypínač) a polem podélné spojky přípojníc se dvěma odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 31,5$ kA, $I_{km} = 80$ kA). Osazena transformátory T101, T102 každý ($S_n = 25$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1103, T101;

W12: V1104, T102. PD1 vypnuto.

- **TR 110/35 kV Vrchlabí (TU_VRCH)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Vrchlabí je venkovní, jednořadá se dvěma systémy přípojníc W1 a W2 a s jednou příčnou spojkou přípojníc SP1. Rozvodna je osazena dvěma poli s vývody pro vrchní vedení, třemi poli s vývody na transformátory a polem příčné spojky se dvěma odpojovači a vypínačem. Pole měření bez odpojovačů. Zkratová odolnost ($I_{th} = 13$ kA, $I_{km} = 33$ kA). Osazena transformátory T101, T102 ($S_n = 25$ MVA) a T103 ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1111, V1113, odpojovače T101, T102, T103;

W2: volná. SP1 vypnuta, odpojovače W1/W2 připraveny.

- **TR 110/6,3 kV KRPA Hostinné (TU_HOST)**

Je cizí (Krkonoské papírny, a. s.) venkovní R 110 kV. Jedná se o dvouřadou R 110 kV s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), dvě pole vývodová a dvě pole přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 65$ kA). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 10$ MVA). Transformátory napájí lokální systém 6,3 kV Krkonoských papíren Hostinné, který nemá provozní rozhraní se systémem 35 kV ČEZd.

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1113, T101;

W12: V1169, odpojovače T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/35 kV Poříčí u Trutnova (TU_PORI)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Poříčí je dvouřadá se dvěma systémy přípojníc. Přípojnice W1 je společná pro obě řady rozvodny, druhá přípojnice je rozdělena do obou řad rozvodny W21, W22. Každá část hlavní přípojnice W1, W21 a W22 má vlastní pole měření napětí z čelní strany (východní) rozvodny R110 kV. Přípojnice W21 – W22 jsou vzájemně spínány jedním podélným spínačem přípojníc a přípojnice W1 – W21 a W1 – W22 jsou vzájemně spínány dvěma příčnými spínači. Jde o hraniční rozvodnu 110 kV mezi UNO NEZ a UNO BOGU. Do rozvodny R110 kV je zaústěna elektrárna Poříčí (EPO) třemi bloky TG1 – V911, TG2 – V912, TG3 – V913, vývodem pro vlastní spotřebu elektrárny V914, devět vývodů vrchních vedení 110 kV a tři transformátory 110/35 kV o celkovém instalovaném výkonu 105 MVA. Rozvodna má celkem dvacet šest polí, z toho je dvacet vyzbrojeno, dvě pole vývodových rezerv, čtyři pole pro manipulační prostor a příčně k hlavní přípojnici pole měření napětí W1, W21 a W22 s odpojovači (pole 61). Zkratová odolnost ($I_{th} = 20$ kA,

$I_{km} = 50$ kA). Osazena transformátory T101 ($S_n = 25$ MVA), T102 a T103 po ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1164, V1166, V1176, V912, V914, T102, T103;

W21: V1163, V1169, V1165, V913, odpojovače V911;

W22: V1175, odpojovače T101;

V1167, V1168 vypnuty, přípojnicové odpojovače vypnuty, vývodové odpojovače zapnuty (MTN pod napětím z Polska);

SP1 zapnuta W1-W21 (rychlý nadproudový rozpad);

SP2 vypnuta, odpojovače W22//W1 připraveny;

PD1 zapnuto.

- **TR 110/35 kV Červený Kostelec (NA_CECO)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Červený Kostelec je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Má dvě vývodové pole a dvě pole přívodů transformátorů. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena transformátorem T101 ($S_n = 40$ MVA) a transformátorem T102 ($S_n = 25$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1165, T101;

W11: V1189, T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/35 kV Náchod Babí (NA_NACH)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Náchod je venkovní, dvouřadá se dvěma systémy přípojníc W1, W2, které jsou spínány příčným spínačem přípojníc SP1. Je vyzbrojena pět vývodových polí, dvě pole přívodů transformátorů a pole spínače přípojníc SP1. Pole měření bez odpojovačů. Zkratová odolnost ($I_{th} = 20$ kA, $I_{km} = 50$ kA). Osazena transformátory T101 ($S_n = 40$ MVA) a T102 ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1189, V1187, 1186, 1188, T101, T102;

W2: V1166, T103. SP1 zapnuta (rychlý nadproudový rozpad).

- **TR 110/35 kV Police nad Metují (NA_POLI)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Police nad Metují je venkovní, dvouřadá s poli proti sobě, s jednou, podélně dělenou hlavní přípojnící W11, W12 (H – rozšířený systém: W11, W12) a jednou pomocnou přípojnící W5. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Rozvodna R110 kV je osazena třemi poli s vývody pro vrchní vedení, dvěma poli s vývody na transformátory 110/35 kV – T101 a T102, polem podélné spojky se dvěma odpojovači (Q11 a Q12), polem spínače pomocné přípojnice SPP1 a dvěma poli měření s odpojovači. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16$ kA, $I_{km} = 40$ kA). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 25$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1175, T102. SPP1 vypnuta a odpojována;

W11: V1176, V1186, T101. PD1 zapnuto. W5: volná bez U.

- **TR 110/35/10 kV Dobruška (RK_DOBR)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Dobruška je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Rozvodna je osazena dvěma vývody vrchních vedení, dvěma transformátory 110/35 kV – T101, T102 a polem podélné spojky přípojníc se dvěma odpojovači Q11 a Q12. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25$ kA, $I_{km} = 63$ kA). Osazena transformátory T101, T102 každý ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1184, T102;

W11: V1188, T101. PD1 zapnuto.

- **TR 110/6,3 kV Kvasiny (RK_KVAS)**

Je cizí (ŠKODA – AUTO, a. s.) venkovní R 110 kV. Jedná se o dvouřadou R 110 kV s podélným dělením hlavní přípojnice (H – rozšířený systém: W11, W12, W13), dvě pole vývodová a tři pole přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12, Q13 a Q14. Dělení přípojníc (W11, W12 a W13) je provedeno odpojovači Q11, Q12, Q13 a Q14. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16$ kA, $I_{km} = 40$ kA). Osazena transformátory T101, T102 a T103 o jmenovitém výkonu ($S_n = 25$ MVA). Transformátory napájí lokální systém 6,3 kV ŠKODA – AUTO Kvasiny, který nemá provozní rozhraní se systémem 35 ČEZd.

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1187, T101;

W12: V1185, odpojovače T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/22 kV Týniště nad Orlicí ČD (RK_TYCD)**

Je cizí (SŽDC) venkovní R 110 kV. Jedná se o jednořadou atypickou R 110 kV. Vedení V1195 je zaústěno napřímo do systému přípojnice W1 (prodloužené vedení V1195) a vedení V1196 je zaústěno napřímo do systému přípojnice W2 (prodloužené vedení V1196). Osazené transformátory T101 a T102 mají odpojovačovou volbu 110 kV do přípojnice W1 a W2. Zkratová odolnost ($I_{th} = 13$ kA, $I_{km} = 30$ kA). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 10$ MVA). Transformátory napájí stejnosměrnou trakci na trati Hradec Králové – Týniště nad Orlicí – Choceň, proti dělicí NS SŽDC Hradec Králové Sever a Choceň.

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1195, odpojovače T101;

W2: V1196, T102.

- **TR 110/35 kV Všečtary (HK_VSES)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Všečtary je venkovní, dvouřadá. Rozvodna 110 kV má dva systémy hlavních přípojníc W1, W2 a pomocnou přípojnicí W5. Rozvodna 110 kV má jedenáct vyzbrojených polí. Z toho je šest polí vývodových, dvě pole transformátorů 110/35 kV, pole spínače přípojníc, pole spínače pomocné přípojnice, polem rezervy a polem měření napětí přípojníc W1, W2 bez odpojovačů. Zkratová odolnost ($I_{th} =$

40 kA, $I_{km} = 100$ kA). Osazena transformátory T101 ($S_n = 40$ MVA) a T102 ($S_n = 40$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1155, V1161, V1981, T101;

W2: V1156, V1162, V1982, T102;

SP1 zapnuta (rychlé nastavení nadproudové ochrany – můstkový rozpad).

- **TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever (HK_HKSE)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Hradec Králové Sever je venkovní, jednořadá atypická R 110 kV s dvěma systémy přípojníc (W1, W2). Přípojnice W1 je prodlouženým vedením V1982 a přípojnice W2 prodlouženým vedením V1981. Osazené transformátory T101, T102, T103 a T104 mají odpojovačovou volbu 110 kV do přípojníc W1 a W2. Zkratová odolnost ($I_{th} = 14$ kA, $I_{km} = 36$ kA). Osazena dvěma transformátory 110/22 kV (T101, T102) $S_n = 10$ MVA a dvěma transformátory 110/35 kV (T103, T104) $S_n = 40$ MVA. Transformátory T101 a T102 napájí stejnosměrnou trakci na trati Hradec Králové – Týniště nad Orlicí, Hradec Králové – Jaroměř, Hradec Králové – Chlumec nad Cidlinou, proti dělící NS SŽDC Káranice, Opočíněk a Týniště nad Orlicí. Transformátory T103 a T104 napájí konzum ČEZd – Východ.

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1982, T101, T104;

W2: V1981, odpojovače T102, T103.

- **TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory (HK_CKD_)**

Je cizí (BEZ Motory) venkovní R 110 kV. R 110 kV BEZ Motory je dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojníc (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovačem Q11. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovačem Q11. Rozvodna je osazena dvěma vývody vrchních vedení (výzbroj odpojovač Q6 a zemnič QE6), dvěma transformátory 110/6,3 kV – T101, T102 (pole 110 kV vyzbrojena pouze vypínačem 110 kV) a polem podélné spojky přípojníc s odpojovačem Q11. Zkratová odolnost ($I_{th} = 13$ kA, $I_{km} = 30$ kA). Osazena transformátory T101, T102 každý ($S_n = 10$ MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1982, T102;

W12: T102, (V1981 odpojována). PD1 zapnuto.

- **TR 110/35 kV Hradec Králové – Jih (HK_HKJI)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Hradec Králové Jih je vnitřní zapouzdřený rozvaděč v provedení SF6-GIS, typ B65 (H – systém: W11, W12). Venkovní část rozvodny 110 kV tvoří kotevní ráhno pro vedení V1161 a V1159. Na vedeních jsou vývodové odpojovače, kombinované přístrojové transformátory a přechod do silového kabelového vedení do vnitřní části rozvodny 110 kV. Před vývodovými odpojovači je provedeno vzájemné propojení obou přívodních vedení 110 kV, přes jeden přípojnícový odpojovač (Q4). Zkratová

odolnost ($I_{th} = 25 \text{ kA}$, $I_{km} = 63 \text{ kA}$). Osazena transformátory T101 a T102 o jmenovitém výkonu ($S_n = 40 \text{ MVA}$).

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1159, T102;

W11: V1161, T101. PD1 zapnuto.

- **Elektrárna Opatovice (PA_EOP_)**

Je cizí (Elektrárny Opatovice, a. s.) venkovní R 110 kV. Jedná se o dvouřadou R 110 kV se dvěma systémy hlavních přípojníc (W1, W2), spínaných spínačem přípojníc SP1. Rozvodna má jedenáct vyzbrojených vývodových polí, šest vyzbrojených generátorových polí, vyzbrojené pole SP1 a tři vyzbrojené pole transformátorové vlastní spotřeby. Pole měření bez odpojovačů. Jde o hraniční rozvodnu 110 kV mezi UNO NEZ_ a UNO OPO_. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16 \text{ kA}$, $I_{km} = 40 \text{ kA}$). Osazena třemi transformátory 110/6,3 kV (T101, T102 a T103) o jmenovitém výkonu (T101 a T102 $S_n = 16 \text{ MVA}$ a T103 25 MVA).

Definované zapojení pro výpočet:

W2 (UNO NEZ_): V1159, V1162, V1153, V1174, tg2, tg6, T101,

W1 (UNO OPO_): V1171, V1172, V936, V1151, V1152, tg3, tg4, tg5, T102, odpoj. T103, tg1 po V931 do OPO_. SP1 vypnuta, odpojovače W1/W2 připraveny.

- **TR 110/35 kV Pardubice – Sever (PA_PASE)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Pardubice Sever je venkovní, dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovači Q11, Q12. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovači Q11 a Q12. Má celkem vyzbrojeno pět polí, z toho jsou dvě pole vrchních vedení, dvě pole transformátorů a jedno pole podélného dělení hlavní přípojnice. Zkratová odolnost ($I_{th} = 25 \text{ kA}$, $I_{km} = 63 \text{ kA}$). Osazena transformátorem T101 ($S_n = 40 \text{ MVA}$) a T102 ($S_n = 40 \text{ MVA}$).

Definované zapojení pro výpočet:

W11: V1153, T101;

W12: V1173, T102. PD1 zapnuto.

- **TR 110/22 kV Moravany ČD (PA_MORA)**

Je cizí (SŽDC) venkovní R 110 kV. R 110 kV Moravany je dvouřadá s podélným dělením hlavní přípojnice (H – systém: W11, W12), vyzbrojena dvěma vývodovými poli a dvěma poli přívodů transformátorů, spínanou odpojovačem Q11. Dělení přípojníc (W11, W12) je provedeno odpojovačem Q11. Rozvodna je osazena dvěma vývody vrchních vedení (vyzbroj odpojovač Q6 a zemnič QE6), dvěma transformátory 110/22 kV – T101, T102 (vyzbrojena odpojovačem a vypínačem 110 kV) a polem podélné spojky přípojníc s odpojovačem Q11. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16 \text{ kA}$, $I_{km} = 40 \text{ kA}$). Osazena transformátory T101, T102, každý ($S_n = 10 \text{ MVA}$). Transformátory napájí stejnosměrnou trakci na trati Pardubice – Choceň proti dělicí NS SŽDC Opočínka a Choceň.

Definované zapojení pro výpočet:

W12: V1173, odpojovače T101;

W11: V1174, T102. PD1 vypnuto.

• **TR 110/35/22 kV Choceň (UO_CHOC)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Choceň je venkovní, dvouřadá se dvěma systémy přípojníc W1, W2, které jsou spínány příčným spínačem přípojníc SP1. Jde o hraniční rozvodu 110 kV mezi UNO NEZ_ a UNO KRA_. Osazena čtyřmi vývody vrchních vedení, čtyřmi poli transformátorů a polem měření napětí bez odpojovačů. Zkratová odolnost ($I_{th} = 16$ kA, $I_{km} = 40$ kA). Osazena dvěma transformátory 110/22 kV (T101, T102) $S_n = 10$ MVA a dvěma transformátory 110/35 kV (T103, T104) $S_n = 40$ MVA. Transformátory T101 a T102 napájí stejnosměrnou trakci na trati Pardubice – Česká Třebová, proti dělicí NS SŽDC Moravany a Ústí nad Orlicí. Transformátory T103 a T104 napájí konzum ČEZd – Východ.

Definované zapojení pro výpočet:

W1 (UNO NEZ_): V1173, V1174, T104;

W2 (UNO KRA_): V1170, V1178, T101, T102, T103;

SP1 vypnuta, odpojovače W1/W2 připraveny.

• **TR 110/35/10 kV Rychnov nad Kněžnou (RK_RYCH)**

Rozvodna 110 kV ČEZ Distribuce, a. s. Rychnov nad Kněžnou je venkovní, dvouřadá se dvěma systémy přípojníc W1, W2 a příčnou spojkou. Rozvodna R110 kV je osazena osmi vývody vrchních vedení, třemi transformátory 110/35 kV, T101 ($S_n = 25$ MVA), T102 a T103 ($S_n = 40$ MVA). Zkratová odolnost ($I_{th} = 16$ kA, $I_{km} = 40$ kA).

Definované zapojení pro výpočet:

W1: V1195, V1196, V1184, V1185, T102;

W2: V1182, V1183, V1989, V1990, T101, T103

Tab. 5-1 Zkratová odolnost R 110 kV ČEZd – Východ a cizích zapojených do definovaného zapojení

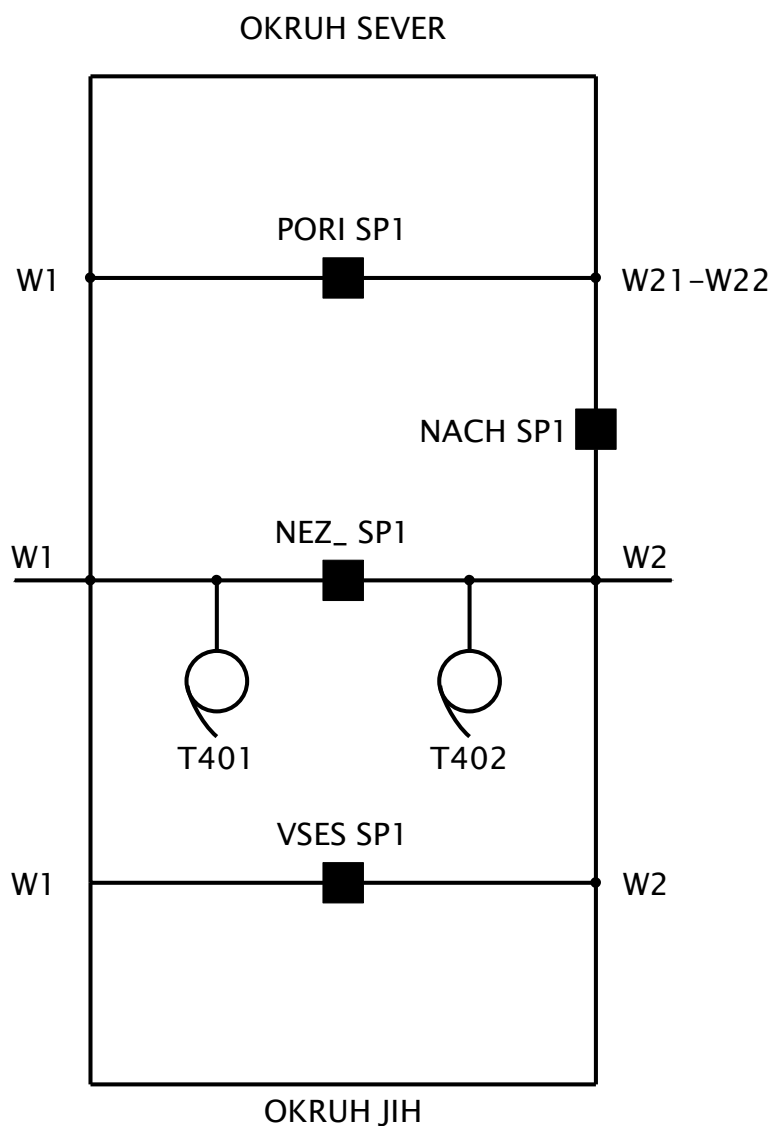
| Transformovna | I_{th} | I_{km} | Transformovna | I_{th} | I_{km} |
|---------------|----------|----------|---------------|----------|----------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | Zkratka | (kA) | (kA) |
| HK_CKD_ | 13 | 30 | SM_SEMI | 25 | 63 |
| HK_HKJI | 25 | 63 | SY_LITO | 25 | 63 |
| HK_HKSE | 14 | 36 | SY_MTRE | 16 | 40 |
| HK_VSES | 40 | 100 | SY_SVID | 25 | 63 |
| JC_NOPA | 25 | 63 | SY_SVIT | 25 | 63 |
| NA_CECO | 25 | 63 | TU_HOST | 25 | 65 |
| NA_NACH | 20 | 50 | TU_LIPE | 25 | 63 |
| NA_NEZ_ | 40 | 100 | TU_PORI | 20 | 50 |
| NA_POLI | 16 | 40 | TU_VRCH | 13 | 33 |
| PA_EOP_ | 16 | 40 | UO_CTRE | 20 | 50 |
| PA_MORA | 16 | 40 | UO_CHOC | 16 | 40 |
| PA_PASE | 25 | 63 | UO_JABL | 25 | 50 |
| RK_DOBR | 25 | 63 | UO_KRA_ | 40 | 100 |
| RK_KVAS | 16 | 40 | UO_LANS | 25 | 63 |
| RK_RYCH | 16 | 40 | UO_RUDO | 16 | 40 |
| RK_TYCD | 13 | 30 | UO_USTI | 16 | 40 |

| Transformovna | I_{th} | I_{km} | Transformovna | I_{th} | I_{km} |
|---------------|----------|----------|---------------|----------|----------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | Zkratka | (kA) | (kA) |
| RK_VAMB | 13 | 30 | UO_ZAMB | 25 | 63 |
| SM_ROKY | 31,5 | 80 | | | |

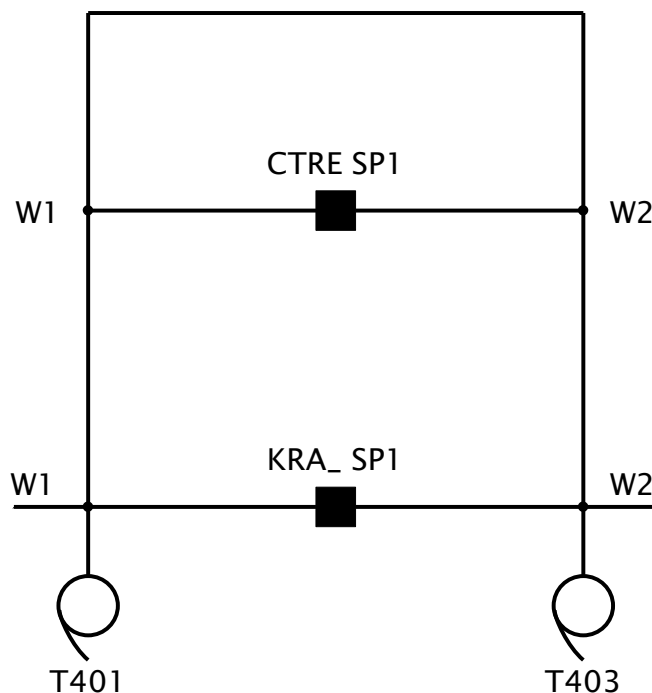
6 VÝPOČET PŘI SAMOSTATNÉM PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_

Paralelní provoz transformátorů 400/110 kV T401 a T402 oba o ($S_n = 350$ MVA) v rámci UNO NEZ_ v její současné podobě se datuje od roku 1993, kdy bylo vybudováno venkovní vedení V1195, V1196 Neznášov – Rychnov nad Kněžnou. Tato oblast vzešla z původních dvou oblastí 110 kV Neznášov Sever a Neznášov Jih.

V případě poruchy v jižní části UNO NEZ_ je v TR Všešary (HK_VSES) rozpadovým místem příčný spínač přípojníc s vytvořením půlkruhu přes Elektrárnu Opatovice. Porucha v severní části využívá vedení V1195, 1196 a příčnou spojku přípojníc v TR Neznášov (NA_NEZ_). Podružnými rozpadovými místy je příčná spojka přípojníc v TR Poříčí (TU_PORI) a TR Náchod (NA_NACH). Principiální schéma oblasti UNO NEZ_ je uvedeno na Obr. 6-1.



Obr. 6-1 Principiální schéma oblasti 110 kV UNO NEZ_



Obr. 6-2 Principiální schéma oblasti 110 kV UNO KRA_

Provozní stavy UNO KRA_ jsou definovány provozní instrukcí ČEPS, a.s., PI 520 – 160, kde je definováno letní a zimní zapojení [14]. Od roku 2003 (rok zprovoznění stroje T403 KRA_ k tehdejšímu strojem 2 x 250 MVA T401/T402 KRA_) je UNO KRA_ provozována v dvoutransformátorovém – třítransformátorovém můstkovém zapojení. Severní tahy 110 kV V1123/V1124 a V1121 – V1126/V1125/V1122 tranzitují výkon do TR Česká Třebová (UO_CTRE) – podružné rozpadové místo můstkového provozu. Principiální schéma oblasti UNO KRA_ je uvedeno na Obr. 6-2. V námi definovaném zapojení uvažujeme dvoutransformátorový provoz UNO KRA_, transformátor T402 napájí samostatně oblast Moravy.

Tento typ odděleného provozu UNO TR Neznášov (NA_NEZ_) a TR Krasíkov (UO_KRA_) není z hlediska spolehlivosti dodávky elektrické energie, nejlepší řešení. Důvodem je, jak později z výpočtů ustáleného chodu zjistíme, že v případě výpadku transformátoru v TR Neznášov (NA_NEZ_), není v definovaném zapojení splněno kritérium N-1.

Schéma sítě 110 kV při samostatném provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_ je znázorněno v Příloha A – Schéma samostatného provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_. Zjednodušené schéma poté v Příloha C – Zjednodušené schéma samostatného provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_. Při takto nastavené konfiguraci sítě 110 kV byl vypočítán ustálený chod a zkratové poměry v síti 110 kV.

Dále budeme zjišťovat:

- napěťové poměry v rozvodnách (uzlech) sítě 110 kV
- zatížení transformátorů (400/110 kV a 110/vn kV)
- zatížení vedení 110 kV
- celkovou bilanci činných výkonů
- zkratové poměry v rozvodnách (uzlech) sítě 110 kV

6.1 Ustálený chod

K výpočtu ustáleného chodu analyzovaných oblastí ČEZd byl použit programový systém PAS DAISY Bizon [16]. Software pro výpočty režimů elektroenergetických sítí nn, vn a vvn. Z GIS (Geografický informační systém) společnosti ČEZd přebírá PAS DAISY Bizon data, popisující parametry modelované soustavy, uložené v databázi připojené v systému GIS (Geografický informační systém) společnosti ČEZd. Zatížení bylo převzato ze zimního měření 18. ledna 2017, 17:00 hodiny.

Při výpočtu ustáleného chodu sítě 110 kV program využívá Newtonovu iterační metodu Kapitola 2.4.1.

Při samotném výpočtu se zaměříme na kontrolu napěťových poměrů v rozvodnách (uzlech) sítě 110 kV, od jmenovité hodnoty 110 kV je dovolená odchylka napětí $\pm 10\%$ (rozmezí 99 až 121 kV). Dále budeme zjišťovat zatížení vedení, transformátorů (400/110 kV a 110/vn) a jejich ztráty činného výkonu. Jmenovitý proud transformátorem uvažujeme jako maximální proudové zatížení transformátoru. U vedení kontrolujeme, zda není překročená jeho přenosová schopnost.

6.1.1 Napěťové poměry přípojníc rozveden

Barevné značení v *Tab. příloha E-1*, které je použito i v ostatních tabulkách, odpovídá značení na obrázku v *Příloha A – Schéma samostatného provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_*. Zelenou barvou jsou označeny rozvodny spadající do UNO Neznášov, modrou rozvodny patřící do UNO Krasíkov. Rozvodny (přípojnice) spadající do jiných UNO jsou zvýrazněny šedou barvou a my je proto nevyhodnocujeme. Výsledky výpočtů jsou shrnuty v *Tab. příloha E-1*.

6.1.2 Zatížení transformátorů

A. Transformátory dodávající výkon do oblastí

Do UNO NEZ_ a UNO KRA_ je dodáván výkon transformátory 400/110 kV *Tab. příloha E-2* a transformátory 110/vn *Tab. příloha E-3*.

B. Transformátory odebírající výkon z oblastí

Z UNO NEZ_ a UNO KRA_ je odebírán výkon transformátory 110/vn *Tab. příloha E-4*.

6.1.3 Zatížení vedení

Tok výkonu na vedení určujeme podle znamének následovně. Např. V1011 z R 110 kV Krasíkov (KRA_) do R 110 kV Moravská Třebová (MTRE). Znaménko mínus u výkonu P_1, Q_1 znamená odběr výkonu z R 110 kV Krasíkov a znaménko plus u výkonu P_2, Q_2 značí dodávku činného a jalového výkonu do R 110 kV Moravská Třebová.

Některá vedení se mohou skládat z více úseků. Např. V1111 v *Tab. příloha E-5* představuje označení V1111a, V1111b. Je to z důvodu např. změny průřezu vodičů.

Zatížení vedení 110 kV UNO NEZ_ a UNO KRA_ zaznamenává *Tab. příloha E-5*.

6.1.4 Celková bilance činných výkonů

Tab. 6-1 Bilance činných výkonů – samostatný provoz

| | | P | ΔP |
|----------------|--|-----------------|------------|
| | | (MW) | (MW) |
| transformátory | transformátory 400/110 kV (dodávaný výkon) | 603,3 | 0,84 |
| | transformátory 110/vn kV (dodávaný výkon) | 127,0 | 0,54 |
| | transformátory 110/vn kV (odebíraný výkon) | 724,7 | 3,92 |
| vedení | 110 kV | | 5,39 |
| | | $\sum \Delta P$ | 10,69 |

Kontrola výpočtů:

Odebíraný výkon = Dodávaný výkon – Ztráty na vedení = $(603,3 + 127) - 5,39 = 724,91$ MW

Rozdíl 0,21 MW mezi hodnotou odebíraného výkonu uvedeného v Tab. 6-1 a kontrolou provedenou výpočtem je způsobený zaokrouhlováním a přípustnou chybou výpočetního programu.

6.2 Zkratové poměry

K výpočtu zkratů analyzované oblasti ČEZd byl také použit programový systém PAS DAISY Bizon [16].

Výpočetní software používá pro výpočet zkratových proudů metodu ekvivalentního napěťového zdroje v místě zkratu v souladu s normou [8]. Počítáme s napěťovým součinitelem $c = 1,1$ (bezpečnostní koeficient 10 %). Zkrat jednofázový nebo trojfázový uvažujeme na přípojnících rozveden.

Zkraty počítáme z parametrů sítí a chodu naprázdno. Při výpočtu zkratů v samostatných provozech UNO, zohledňujeme nejhorší možnou variantu do budoucna. Výhled maximálních zkratových příspěvků společnosti ČEPS, a.s. k roku 2030 [15]. Dále uvažujeme v samostatném provozu UNO Krasíkov s provozem Morava a chodem tří transformátorů 400/110 kV. Do výpočtu zkratů UNO Neznášov započítáváme chod tří generátorů v Elektrárně Poříčí a tří generátorů v Elektrárně Opatovice. Dále byla do výpočtu zahrnuta dnes neexistující spojka v R 110 kV Hradec Králové – Sever.

Zkratová odolnost rozvodny nesmí být překročena jak v případě jednofázového, tak i třífázového zkratu.

Zkratové poměry na přípojnících rozveden 110 kV UNO_NEZ_ a UNO_KRA_ zachycuje Tab. příloha E-6.

6.3 Hodnocení výpočtů

Napětí ve všech rozvodnách Tab. příloha E-1 jsou v dovolené toleranci (99 až 121 kV). Nejnižší napětí je v R 110 kV Rokytice nad Jizerou (ROKY:1:W11) 114,6 kV, nejvyšší potom na přípojnících uzlové napájecí R 110 kV Krasíkov (KRA_) 120,9 kV. Velikost fáze napětí se

pohybuje v rozmezí od -21,6° Krasíkov (KRA_) do Rokytnice nad Jizerou (ROKY:1:W11) -30,2°.

Transformátory T401 a T403 v R 110 kV Krasíkov (KRA_) jsou zatížené na 30 %, transformátory T401 a T402 v R 110 kV Neznášov (NEZ_) na 59 % *Tab. příloha E-2*. Tyto čtyři transformátory dodávají z PS do UNO R Neznášov a UNO R Krasíkov 603,3 MW.

Transformátory 110/vn v Elektrárně Opatovice a Elektrárně Poříčí dodávají z lokálních zdrojů 127 MW *Tab. příloha E-3*.

Nejvíce zatíženým transformátorem 110/vn kV odebírající výkon z oblasti je T101 v R 110 kV Pardubice – Sever (PASE) 73 % a T101 v R 110 kV Police nad Metují 72 % *Tab. příloha E-4*. Transformátory 110/vn odebírají z oblasti 724,7 MW.

Žádný z transformátorů 400/110 kV a 110/vn není přetížený.

Nejvíce zatížené vedení je V1153 Elektrárna Opatovice (EOP_) – Pardubice – Sever (PASE) 47 % a V1118 Neznášov (NEZ_) – Lipnice (LIPE) 44 % *Tab. příloha E-5*.

Žádné vedení není přetížené.

V *Tab. příloha E-6* jsou oranžovou barvou označeny rozvodny a hodnoty zatížení zkratovým proudem (v případě trojfázového nebo jednofázového zkratu), který převyšuje 100 % jmenovité hodnoty zkratové odolnosti.

Zkratová odolnost je překročená v R 110 kV Hradec Králové BEZ Motory (HK_CKD_). V případě třífázového zkratu je zatížení zkratovým proudem 105,4 %. Je nutné připomenout, že vypočtená hodnota zahrnuje výhled maximálních zkratových příspěvků společnosti ČEPS, a.s. k roku 2030 a dnes neexistující sepnutou spojku v R 110 kV Hradec Králové – Sever.

7 VÝPOČET PŘI PARALELNÍM PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_

V této kapitole budeme zkoumat paralelní provoz transformátorů T401, T402 R 110 kV Neznášov (NEZ_) a transformátorů T401 a T403 R 110 kV Krasíkov (KRA_). Transformátor T402 (KRA_) napájí samostatně oblast Moravy.

Popis paralelního zapojení

Schéma sítě 110 kV při paralelním provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_ je znázorněno v *Příloha B* – Schéma paralelního provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_. Zjednodušené schéma poté v *Příloha D* – Zjednodušené schéma paralelního provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_.

Pro realizaci paralelního zapojení UNO se využijí R 110 kV s dvojitém systémem přípojníc. Proti samostatnému provozu UNO jsou provedeny tyto změny.

V R 110 kV Rychnov nad Kněžnou (RK_RYCH) a R 110 kV Choceň (UO_CHOC) jsou sepnuté příčné spínače přípojníc. V každé ze zmiňovaných rozveden se propojí přípojnice W1 a W2. Propojením přípojníc dojde v podstatě k propojení dvou uzlových napájecích oblastí. Tyto dvě rozvodny tvoří tzv. rozpadová místa můstkového zapojení.

Výhody a nevýhody paralelního zapojení UNO

Mezi hlavní výhody patří zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie. Případná porucha transformátoru T401, T402 Neznášov nebo porucha na příslušné přípojnici, by neznamenal výpadek části oblasti, oproti samostatnému chodu UNO Neznášov, kdy není splněno kritérium N - 1. K dalším výhodám patří snížení ztrát na transformátorech 400/110 kV a zlepšení napěťových poměrů v oblasti.

Hlavní nevýhodou paralelního zapojení UNO je zvýšení zkratových proudů. Nárůst zkratových proudů je daný tím, že sepnutím zmiňovaných příčných spínačů přípojníc dojde ke snížení zkratových impedancí. Další nevýhodou je, že se v dané oblasti nachází čtyři transformátory (čtyři zdroje zkratového proudu, když nepočítáme lokální zdroje). Při samotném provozu UNO připadají na každou oblast dva transformátory.

7.1 Ustálený chod

V následujících kapitolách budeme zjišťovat:

- napěťové poměry v rozvodnách (uzlech) sítě 110 kV
- zatížení transformátorů (400/110 kV a 110/vn kV)
- zatížení vedení 110 kV
- celkovou bilanci činných výkonů

7.1.1 Napěťové poměry přípojníc rozveden

Výsledky výpočtů jsou shrnuty v *Tab. příloha F-1*. Rozvodny (přípojnice) spadající do jiných UNO jsou zvýrazněny šedou barvou a my je proto nevyhodnocujeme.

7.1.2 Zatížení transformátorů

A. Transformátory dodávající výkon do oblasti

Do paralelně spolupracujících UNO NEZ_ a UNO KRA_ je dodáván výkon transformátory 400/110 kV *Tab. příloha F-2* a transformátory 110/vn *Tab. příloha F-3*.

B. Transformátory odebírající výkon z oblasti

Z paralelně spolupracujících UNO NEZ_ a UNO KRA_ je odebírán výkon transformátory 110/vn *Tab. příloha F-4*.

7.1.3 Zatížení vedení

Zatížení vedení 110 kV paralelně spolupracujících UNO NEZ_ a UNO KRA_ zaznamenává *Tab. příloha F-5*.

7.1.4 Celková bilance činných výkonů

Tab. 7-1 Bilance činných výkonů – paralelní provoz

| | | <i>P</i> | ΔP |
|----------------|--|-----------------|------------|
| | | (MW) | (MW) |
| transformátory | transformátory 400/110 kV (dodávaný výkon) | 604,0 | 0,8 |
| | transformátory 110/vn kV (dodávaný výkon) | 127,0 | 0,53 |
| | transformátory 110/vn kV (odebíraný výkon) | 724,8 | 3,92 |
| vedení | 110 kV | | 6,17 |
| | | $\sum \Delta P$ | 11,42 |

Kontrola výpočtů:

Odebíraný výkon = Dodávaný výkon – Ztráty na vedení = $(604,0 + 127) - 6,17 = 724,83$ MW

Rozdíl 0,03 MW mezi hodnotou odebíraného výkonu uvedeného v *Tab. 7-1* a kontrolou provedenou výpočtem je způsobený zaokrouhlováním a přípustnou chybou výpočetního programu.

7.2 Zkratové poměry

Na rozdíl od výpočtu zkratů při samostatném provozu UNO, uvažujeme při paralelním zapojení UNO NEZ_ a UNO KRA_ pouze dva transformátory 400/110 kV v R Krasíkov.

Zkratové poměry na přípojnících rozveden 110 kV UNO_NEZ_ a UNO_KRA_ zachycuje *Tab. příloha F-6*.

7.3 Hodnocení výpočtů

Napětí ve všech rozvodnách *Tab. příloha F-1* jsou v dovolené toleranci (99 až 121 kV). Nejnižší napětí je v R 110 kV Rokytnice nad Jizerou (ROKY:1:W11) 114,9 kV, nejvyšší poté na

přípojnicích uzlové napájecí R 110 kV Krasíkov (KRA_) 120,6 kV. Velikost fáze napětí se pohybuje v rozmezí od $-22,4^{\circ}$ Elektrárna Krasíkov (KRA_) do Rokytnice nad Jizerou (ROKY:1:W11) $-29,2^{\circ}$.

Transformátory T401 a T403 v R 110 kV Krasíkov (KRA_) jsou zatížené na 39 %, transformátory T401 a T402 v R 110 kV Neznášov (NEZ_) na 50 % *Tab. příloha F-2*. Tyto čtyři transformátory dodávají z PS do UNO R Neznášov a UNO R Krasíkov 604 MW.

Zatížení transformátorů 110/vn (dodávka výkonu) *Tab. příloha F-3*, stejně jako transformátorů 110/vn (odběr výkonu) *Tab. příloha F-4* zůstává stejné, jako v případě samostatného provozu UNO.

Žádný z transformátorů 400/110 kV a 110/vn není přetížený.

Nejvíce zatížené vedení je V1121 Krasíkov (KRA_) – Česká Třebová (CTRE) 54 % a V1126 Krasíkov (KRA_) – Lanškroun (LANS) 47 % *Tab. příloha F-5*.

Žádné vedení není přetížené.

V *Tab. příloha F-6* jsou oranžovou barvou označeny rozvodny a hodnoty zatížení zkratovým proudem (v případě trojfázového nebo jednofázového zkratu), který převyšuje 100 % jmenovité hodnoty zkratové odolnosti.

Zkratová odolnost je překročena v TR 110 kV Hradec Králové BEZ Motory (HK_CKD_) a TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever (HK_HKSE).

V případě třífázového zkratu je zatížení zkratovým proudem v R 110 kV (HK_CKD_) 140,8 %, v R 110 kV (HK_HKSE) 114,3 %. V případě jednofázového zkratu je zatížení zkratovým proudem v R 110 kV (HK_CKD_) 130,8 %, v R 110 kV (HK_HKSE) 104,3 %.

8 POROVNÁNÍ SAMOSTATNÉHO A PARALELNÍHO PROVOZU UNO KRA_ A UNO NEZ_

V této kapitole budeme vyhodnocovat a porovnávat výsledky výpočtů samostatného a paralelního chodu UNO R Neznášov (NEZ_) a UNO R Krasíkov (KRA_).

8.1 Ustálený chod

První část bude věnována napěťovým poměrům v rozvodnách 110 kV, zatížení transformátorů (400/110 kV a 110/vn kV), zatížení vedení a celkovým ztrátám v síti.

8.1.1 Napěťové poměry přípojníc rozveden

Porovnání napěťových poměrů na přípojnících rozveden u samostatného a paralelního chodu UNO nalezneme v *Tab. příloha G-1*. Barevné značení v *Tab. příloha G-1*, které je použito i v ostatních tabulkách odpovídá značení na obrázku v *Příloha A – Schéma samostatného provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_*. Zelenou barvou jsou označeny rozvodny spadající do UNO Neznášov, modrou rozvodny patřící do UNO Krasíkov.

8.1.2 Zatížení transformátorů

A. Transformátory dodávající výkon do oblasti

Porovnání zatížení transformátorů 400/110 kV pro samostatný a paralelní chod UNO je v *Tab. příloha G-2*. U transformátorů 110/vn zůstává zatížení stejné *Tab. příloha E-3* a *Tab. příloha F-3*.

B. Transformátory odebírající výkon z oblasti

U transformátorů 110/vn odebírající výkon z oblasti zůstává zatížení při samostatném i paralelním chodu stejné *Tab. příloha E-4* a *Tab. příloha F-4*.

8.1.3 Zatížení vedení

Porovnání zatížení vedení pro samostatný a paralelní chod UNO nalezneme v *Tab. příloha G-3*.

8.1.4 Celkové ztráty v síti 110 kV

Porovnání celkových ztrát v síti při samostatném a paralelním chodu UNO je v *Tab. 8-1*.

Tab. 8-1 Celkové ztráty v síti 110 kV – samostatný a paralelní provoz

| Dodávaný výkon | Provoz | | | | Porovnání | |
|----------------|-----------------|------|-----------------|------|--------------------------|-----|
| | Samostatný | | Paralelní | | Samostatný vs. Paralelní | |
| | $\sum \Delta P$ | | $\sum \Delta P$ | | $\Delta \sum \Delta P$ | |
| (MW) | (MW) | (%) | (MW) | (%) | (MW) | (%) |
| 731 | 10,69 | 1,46 | 11,42 | 1,56 | 0,73 | 0,1 |

8.2 Vyhodnocení

Při paralelním zapojení uzlových napájecích oblastí je v R 110 kV Neznášov (NEZ_) na přípojnicích W1 a W2 napětí 118,7 kV *Tab. příloha G-1*. Jde o nárůst o 0,3 % oproti samostatnému provozu UNO. Tato změna se projeví nárůstem napětí u všech rozveden spadajících při samostatném provozu do UNO R Neznášov.

V R 110 kV Krasíkov (KRA_) dojde k poklesu napětí na přípojnicích W1 a W2 o 0,3 % *Tab. příloha G-1*. Současně dojde k poklesu napětí i u všech rozveden spadajících při samostatném provozu do UNO R Krasíkov.

Transformátory T401 a T402 v R Neznášov jsou proudově zatíženy na 50 %, což je pokles o 9 % oproti samostatnému provozu *Tab. příloha G-2*. Transformátory T401 a T403 v R Krasíkov jsou proudově zatíženy na 39 %, což je nárůst o 9 % oproti samostatnému provozu.

Větší část činného výkonu dodávají jak při samostatném, tak i paralelním chodu UNO transformátory 400/110 kV v R Neznášov. Při samostatném chodu T401, T403 R Krasíkov (207,6 MW), T401 a T402 R Neznášov (395,7 MW). Při paralelním chodu T401, T403 R Krasíkov (268,4 MW) a T401 a T403 R Neznášov (335,6 MW) *Tab. příloha E-2* a *Tab. příloha F-2*.

Proudové zatížení transformátorů 110/vn dodávající výkon z lokálních zdrojů, stejně tak jako transformátorů 110/vn odebírající výkon z oblastí zůstává stejné jak pro samostatný, tak pro paralelní chod UNO *Tab. příloha E-1* a *Tab. příloha F-3*.

K největšímu poklesu zatížení (proti samostatnému provozu UNO) došlo u vedení 110 kV V1174 (o 17 %), V1153 (o 14 %), V1161 (o 12 %), V1155, V1156 (o 10 %) *Tab. příloha G-3*.

Největší nárůst zatížení (proti samostatnému provozu UNO) je vidět u vedení 110 kV V1121 (o 17 %), V1178 (o 16 %), V1170, V1173, V1179 (o 13 %), V1123, V1124 (o 12 %) *Tab. příloha G-3*.

Celkové ztráty činného výkonu v síti 110 kV (ztráty na transformátorech 400/110 kV, 110/vn a vedeních) při paralelním provozu UNO se zvýší na hodnotu 11,42 MW, což je nárůst 0,73 MW oproti samostatnému provozu UNO *Tab. 8-1*.

Zkratové poměry při samostatném a paralelním provozu UNO NEZ_ a UNO KRA_ nelze porovnávat z důvodu dříve popsaného, a to rozdílného počtu strojů 400/110 kV v R Krasíkov, které přispívají do analyzované oblasti *Tab. příloha E-6* a *Tab. příloha F-6*.

9 NÁVRH PROVOZNÍCH A TECHNICKÝCH OPATŘENÍ

Navrhnuté můstkové zapojení použité pro paralelní provoz UNO NEZ_ (2 x 350 MVA) a UNO KRA_ (2 x 350 MVA), si vyžádá technická opatření, která budou uvedena v této kapitole.

Ustálený chod

Z vyhodnocení výsledků výpočtů ustáleného chodu, není nutné provádět žádná opatření ve vazbě na posílení profilů kruhových tahů 110 kV.

Zkratové poměry

Z vyhodnocení zkratových poměrů za využití můstkového zapojení plynou následující opatření:

Zvýšení zkratové odolnosti v rozvodnách 110 kV:

- TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever (HK_HKSE) – vlastnictví ČEZd
- TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory (HK_CKD_) – vlastnictví cizí

TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever (HK_HKSE)

Současný stav je popsán v kapitole 5.2.1. Rozvodna nevyhovuje z hlediska zkratové odolnosti. Mezi další provozní negativa patří, že v případě výpadku jednoho z napájecích vedení V1981 nebo V1982 musí pracovník dispečerského řízení převádět provoz transformátorů.

Navrhovaný stav je rozvodna 110 kV ve tvaru „H“ v rozšířeném provedení, jedná se o rozvodnu s více poli vývodů transformátorů vvn/vn. Vybavena podélným dělením přípojníc (PD) vyzbrojeným odpojovači Q11, Q12 a vypínačem QM. Dimenzována na zkratovou odolnost 31,5 kA. Navrhované provedení rozvodny je na *Obr. příloha H-1*.

TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory (HK_CKD_)

Současný stav je popsán v kapitole 5.2.1. Rozvodna nevyhověla z hlediska zkratové odolnosti. Jelikož se jedná o rozvodnu v cizím vlastnictví, bude majitel vyrozuměn o nevyhovujícím stavu a upozorněn na případná provozní rizika. Majiteli bude navrženo zapojení ve tvaru „H“, s podélným dělením přípojníc (PD) vyzbrojený odpojovači Q11, Q12 bez vypínače QM. Pole vývodů bez vypínačů QM z důvodu úspory nákladů. Dimenzována na zkratovou odolnost 31,5 kA. Navrhované provedení rozvodny je na *Obr. příloha CH-1*.

10 ZÁVĚR

Diplomová práce navrhuje tzv. můstkové zapojení, použité pro paralelní provoz UNO R Krasíkov a R Neznášov v distribuční síti společnosti ČEZd a jeho porovnání s variantou v současné době používanou samostatným, odděleným provozem UNO. Porovnání těchto dvou variant (samostatný a paralelní provoz) vychází z výsledků výpočtů ustáleného chodu a zkratových poměrů v DS 110 kV, pomocí výpočetního softwaru PAS DAISY Bizon.

Dva jevy jsou charakteristické pro provoz distribuční soustavy a to ustálený a přechodový stav. Znalost ustáleného stavu, ač je pouze idealizovaným jevem, je potřebný pro řízení a rozvoj soustavy. Metoda uzlových napětí se používá při výpočtu ustáleného stavu v případě zjednodušeného výpočtu prostřednictvím lineárních rovnic. V případě požadavku na přesné výsledky, používáme nelineárních rovnic a některé z iteračních metod. Ve společnosti ČEZd je pro výpočet ustáleného chodu používán program PAS DAISY Bizon, který aplikuje Newtonovu iterační metodu.

Teoretická část práce se věnuje ustálenému chodu a zkratovým poměrům.

Praktická část práce se nejdříve zabývá výpočtem ustáleného chodu a zkratových poměrů v distribuční síti 110 kV při samostatném provozu UNO R Krasíkov a R Neznášov a poté při paralelním provozu UNO. U výpočtu ustáleného chodu byly vyhodnocovány a kontrolovány napěťové poměry v rozvodnách 110 kV, zatížení transformátorů (400/110 kV a 110/vn), vedení a ztráty činného výkonu v síti. Zkratové poměry v síti byly kontrolovány z hlediska zkratové odolnosti jednotlivých rozvodů. Následovalo vyhodnocení a srovnání výpočtů variant samostatného a paralelního provozu.

Shrnutí dosažených výsledků

Z výsledků ustáleného chodu sítě 110 kV při samostatném a paralelním provozu UNO Krasíkov a UNO Neznášov je patrné, že všechny rozvodny mají napěťové poměry na přípojnicích v dovolené toleranci $110 \text{ kV} \pm 10 \%$. Ani v jednom případě provozu není přetěžováno žádné vedení. K největšímu poklesu zatížení došlo při paralelním provozu (sepnuté příčné spínače přípojnic v R 110 kV Rychnov nad Kněžnou a R 110 kV Choceň) u vedení 110 kV V1153, V1155, V1156, V1161 a V1174. Naopak největší nárůst zatížení (oproti samostatnému provozu) byl zaznamenán u vedení 110 kV V1121, V1123, V1124, V1170, V1173, V1178 a V1179. U transformátorů (400/110 kV a 110/vn), byla také provedena kontrola zatížitelnosti při změně zapojení (samostatný, paralelní provoz) a žádný transformátor není přetěžován. K největší změně zatížení došlo u transformátorů 400/110 kV při paralelním provozu přesunem 60 MW činného výkonu z UNO NEZ_ do UNO KRA_, důvodem je větší zkratový výkon uzlu 400/110 kV Krasíkov než uzlu 400/110 kV Neznášov. U paralelního chodu UNO nastalo oproti samostatnému chodu UNO ke zvýšení ztrát činného výkonu o 0,73 MW.

Z výsledků zkratových poměrů v síti 110 kV při paralelním provozu UNO Krasíkov a Neznášov vyplývá nárůst zkratových proudů oproti samostatnému provozu UNO. Způsobuje ho sepnutí příčných spínačů přípojnic v daných rozvodnách, čímž dojde ke snížení zkratových impedancí. Z výpočtů vyplývá nedostatečná zkratová odolnost TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever (HK_HKSE) a TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory (HK_CKD_). Poslední zmiňovaná nesplňuje zkratovou odolnost i při trojfázovém zkratu, při samostatném provozu.

V závěru práce jsou navrženy provozní a technická opatření (zvýšení zkratové odolnosti vybraných rozvodů), bez kterých provoz navrženého tzv. můstkového zapojení UNO Krasíkov a UNO Neznášov není možné realizovat.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOLCUN, Michal, Vladimír CHLADNÝ a Ladislav VARGA. Počítačová analýza elektrizačnej sústavy. Košice: Technická univerzita Košice, 2006. ISBN 80-8073-453-4.
- [2] BLAŽEK Vladimír., SKALA Petr. Distribuce elektrické energie, elektronický učební text FEKT VUT v Brně, Brno, 2003.
- [3] HALUZÍK, Evžen. Řízení provozu elektrizačních soustav. 2. vyd. Praha: SNTL, 1987, 125 s.
- [4] KUČERA, Drahoš. Elektroenergetika I. 1. vyd. Brno: VUT, 1986, 214 s.
- [5] HODINKA, Miloslav. Přechodné jevy v elektrizačních soustavách. 2. nezměň, vyd. Brno: VUT, 1985, 239 s.
- [6] Blažek Vladimír., Paar Martin.: Přenosové sítě, elektronický učební text FEKT VUT v Brně, Brno, 2006
- [7] PAUZA, Josef. Zkratky v elektrických rozvodech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1970, 246 s.
- [8] ČSN EN 60909 – 3: 2016 ed.2. Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách – část 0: Výpočet proudů. idt IEC 60909-0:2016 + idt IEC 60909-3:2009/ Cor. 1:2013-09.
- [9] Interní materiál firmy DAISY, spol. s r.o., Ing. Vladimír Pospíšil.
- [10] TOMAN, Petr et al. Provoz distribučních soustav. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [11] Provozní instrukce ČEPS, a. s. PI 527 – 1, Vydání: 3, 2017, Základní zapojení sítí 110 kV ČR.
- [12] Provozní instrukce ČEPS, a. s. PI 520 – 5, Vydání: 18, 2017, Základní zapojení PS ČR.
- [13] Provozní instrukce ČED 553 – 5, 1993, Základní zapojení dvojtransformátorové oblasti 110 kV Neznášov.
- [14] Provozní instrukce ČEPS, a. s. PI 520 – 160, Vydání: 2, 2016, Můstkové provozy transformátorů 400/110 a 220/110 kV.
- [15] Studie maximálních zkratových příspěvků společnosti ČEPS, a.s., k roku 2030.

POUŽITÝ SOFTWARE






- [16] DAISY, spol. s.r.o. PAS DAISY Bizon Off-Line ver. 4.6. DAISY, spol. s.r.o., Praha, leden 2018





PŘÍLOHY

- [17] Výpočty jednotlivých variant zapojení ve výpočetním systému PAS DAISY Bizon Off-Line ver. 4.6

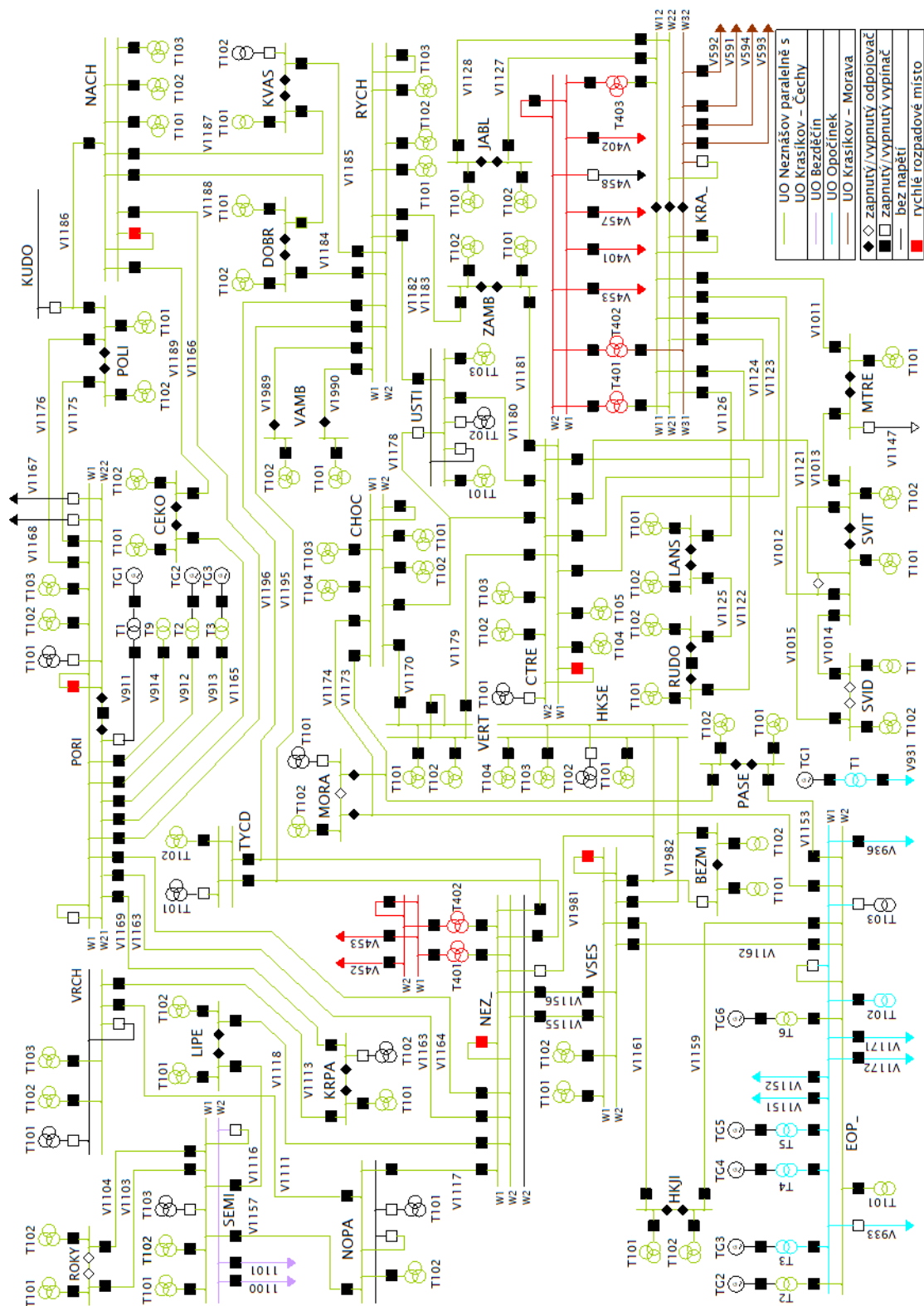
Legend:

- UO Neznášov
- UO Krasík - Čechy
- UO Bezděčín
- UO Opočinec
- UO Krasík - Morava
- zapnutý/vypnutý odpojovač
- zapnutý/vypnutý vypínač
- bez napětí
- rychlé rozpadové místo

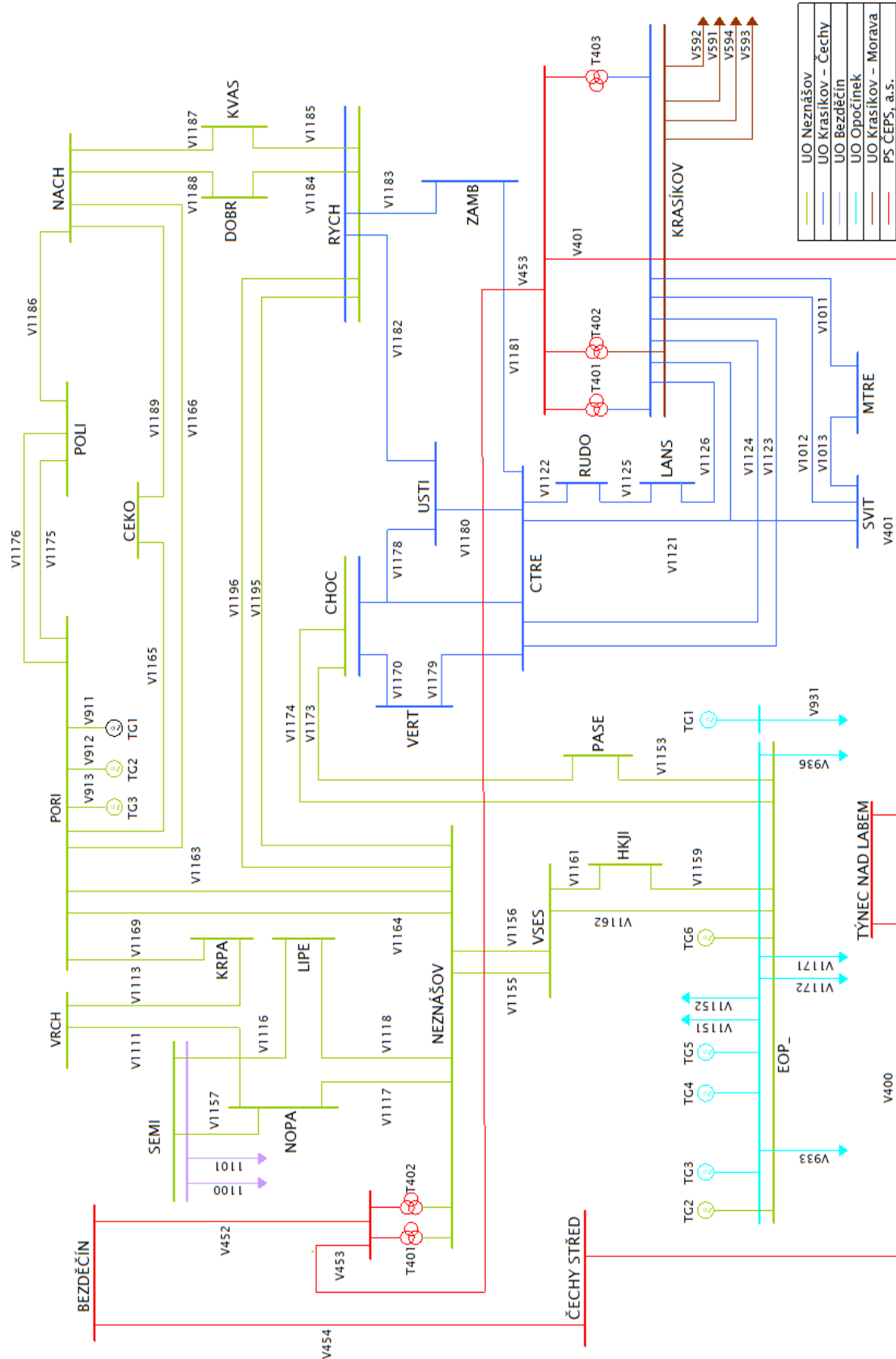
| | |
|---|----------------------|
|  | UO Neznašov |
|  | UO Krasikov – Čechy |
|  | UO Bezděčín |
|  | UO Opocínek |
|  | UO Krasikov – Morava |

| | |
|---|-----------------------------|
|  | ◇ zapnutý/vypnutý odpojovač |
|  | □ zapnutý/vypnutý vypínač |
|  | — bez napětí |
|  | ■ rychlé rozpadové místo |

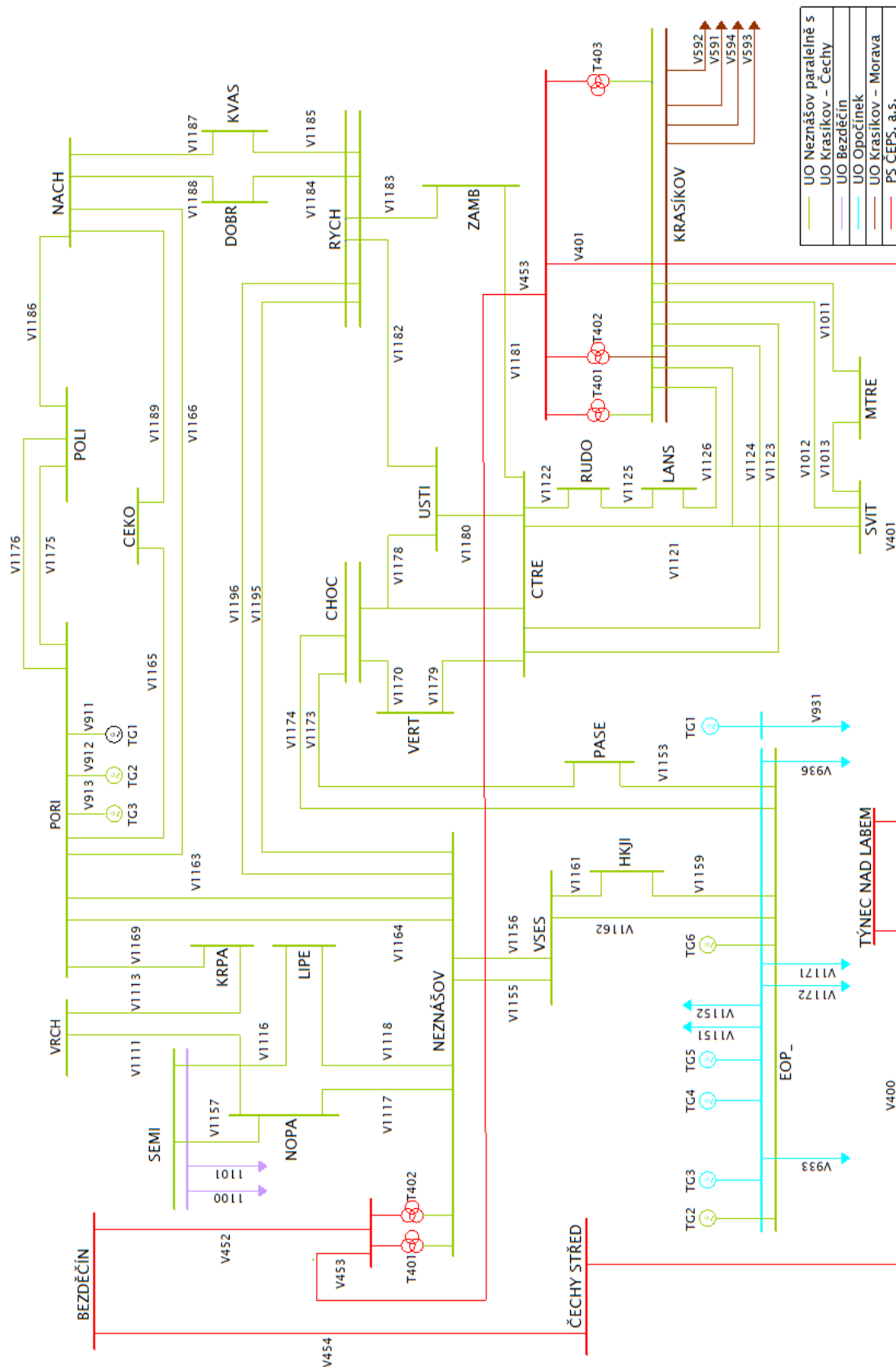
NEZ_A UNO KRA



PŘÍLOHA C – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA SAMOSTATNÉHO PROVOZU UNO NEZ_A UNO KRA_



PŘÍLOHA D – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA PARALELNÍHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_



PŘÍLOHA E – SOUHRNNÉ VÝSLEDKY SAMOSTATNÉHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_

Tab. příloha E-1 Napěťové poměry přípojníc rozvoden 110 kV – samostatný provoz

| Rozvodna | U | δ | Rozvodna | U | δ |
|------------|-------|----------|------------|-------|----------|
| Zkratka | (V) | (°) | Zkratka | (V) | (°) |
| BEZM:1:W11 | 117,5 | -27,0 | NEZ_:1:W11 | 118,4 | -25,9 |
| BEZM:1:W12 | 117,5 | -27,0 | NEZ_:1:W21 | 118,4 | -25,9 |
| CEKO:1:W11 | 116,6 | -28,8 | NEZ_:1:W31 | 0 | 0 |
| CEKO:1:W12 | 116,6 | -28,8 | NOPA:1:W1 | 116,3 | -28,6 |
| CHOC:1:W1 | 115,8 | -28,3 | NOPA:1:W2 | 0 | 0 |
| CHOC:1:W2 | 119,3 | -23,3 | PASE:1:W11 | 115,6 | -28,2 |
| CTRE:1:W1 | 119,9 | -22,8 | PASE:1:W12 | 115,6 | -28,2 |
| CTRE:1:W2 | 119,9 | -22,8 | POLI:1:W11 | 116,7 | -28,7 |
| DOBR:1:W11 | 116,3 | -29,0 | POLI:1:W12 | 116,7 | -28,7 |
| DOBR:1:W12 | 116,3 | -29,0 | PORI:1:W1 | 117,4 | -28,0 |
| EOP_:1:W1 | 119,6 | -13,3 | PORI:1:W21 | 117,4 | -28,0 |
| EOP_:1:W2 | 116,8 | -27,2 | PORI:1:W22 | 117,4 | -28,0 |
| HKJI:1:W1 | 117,0 | -27,4 | ROKY:1:W11 | 114,6 | -30,2 |
| HKJI:1:W2 | 117,0 | -27,4 | ROKY:1:W12 | 115,0 | -30,0 |
| HKSE:1:W1 | 117,5 | -27,1 | RUDO:1:W11 | 120,1 | -22,5 |
| HKSE:1:W2 | 117,5 | -27,1 | RUDO:1:W12 | 120,1 | -22,5 |
| JABL:1:W11 | 120,5 | -22,0 | RYCH:1:W11 | 119,0 | -24,4 |
| JABL:1:W12 | 120,5 | -22,0 | RYCH:1:W12 | 119,0 | -24,4 |
| KRA_:1:W11 | 120,9 | -21,6 | RYCH:1:W2 | 117,0 | -28,3 |
| KRA_:1:W12 | 120,9 | -21,6 | SEMI:1:W1 | 115,3 | -29,8 |
| KRA_:1:W21 | 120,9 | -21,6 | SEMI:1:W2 | 120,4 | -22,2 |
| KRA_:1:W22 | 120,9 | -21,6 | SVID:1:W11 | 120,3 | -22,2 |
| KRA_:1:W31 | 120,0 | -21,2 | SVID:1:W12 | 120,3 | -22,2 |
| KRA_:1:W32 | 120,0 | -21,2 | SVIT:1:W11 | 120,3 | -22,2 |
| KRA_:1:W51 | 0 | 0 | SVIT:1:W12 | 120,3 | -22,2 |
| KRA_:1:W52 | 0 | 0 | TYCD:1:W1 | 117,5 | -27,6 |
| KRPA:1:W11 | 116,6 | -28,6 | TYCD:1:W2 | 117,4 | -27,6 |
| KRPA:1:W12 | 116,6 | -28,6 | USTI:1:W1 | 0 | 0 |
| KVAS:1:W11 | 116,9 | -28,5 | USTI:1:W2 | 119,5 | -23,5 |
| KVAS:1:W12 | 116,9 | -28,5 | VAMB:1:W1 | 118,9 | -24,4 |
| LANS:1:W11 | 120,1 | -22,4 | VAMB:1:W2 | 119,0 | -24,4 |
| LANS:1:W12 | 120,1 | -22,4 | VERT:1:W1 | 119,4 | -23,2 |
| LIPE:1:W11 | 117,1 | -27,5 | VERT:1:W2 | 119,4 | -23,2 |
| LIPE:1:W12 | 117,1 | -27,5 | VRCH:1:W1 | 0 | 0 |
| MORA:1:W11 | 115,7 | -28,2 | VRCH:1:W2 | 116,2 | -29,0 |
| MORA:1:W12 | 116,2 | -27,9 | VSES:1:W1 | 117,6 | -26,9 |
| MTRE:1:W11 | 120,4 | -22,1 | VSES:1:W21 | 117,6 | -26,9 |
| MTRE:1:W12 | 120,4 | -22,1 | VSES:1:W22 | 117,6 | -26,9 |

| Rozvodna | U | δ | Rozvodna | U | δ |
|-----------|-------|----------|------------|-------|----------|
| Zkratka | (V) | (°) | Zkratka | (V) | (°) |
| NACH:1:W1 | 116,6 | -28,9 | ZAMB:1:W11 | 119,2 | -24,1 |
| NACH:1:W2 | 116,6 | -28,9 | ZAMB:1:W12 | 119,2 | -24,1 |

Tab. příloha E-2 Transformátory 400/110 kV (dodávka výkonu) – samostatný provoz

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{dodT} | Q_{dodT} | I_T |
|-----------|----------|--------------|----------|----------|-------------------|-----------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| KRA_:T401 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 30 | 0,155 | 104,7 | 6,2 | 500,8 |
| KRA_:T403 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 30 | 0,150 | 102,9 | 21,7 | 502,1 |
| NEZ_:T401 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 59 | 0,270 | 199,5 | 30,9 | 984,4 |
| NEZ_:T402 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 59 | 0,266 | 196,2 | 30,4 | 968,2 |
| | | | | | $\sum \Delta P_T$ | $\sum P_{dodT}$ | | |
| | | | | | 0,84 | 603,3 | | |

Tab. příloha E-3 Transformátory 110/vn kV (dodávka výkonu) – samostatný provoz

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{dodT} | Q_{dodT} | I_T |
|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|-----------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| EOP2:T2 | 63 | 121/10,5 | 301 | 21 | 0,058 | 12,7 | -0,3 | 63,0 |
| EOP6:T6 | 63 | 121/10,5 | 301 | 85 | 0,239 | 52,1 | 1,0 | 257,3 |
| EPO2:T2 | 63 | 115/10,5 | 316 | 46 | 0,110 | 29,0 | 3,6 | 143,6 |
| EPO3:T3 | 63 | 115/10,5 | 316 | 52 | 0,128 | 33,2 | 0,6 | 163,1 |
| | | | | | $\sum \Delta P_T$ | $\sum P_{dodT}$ | | |
| | | | | | 0,54 | 127,0 | | |

Tab. příloha E-4 Transformátory 110/vn kV (odběr výkonu) – samostatný provoz

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{odbT} | Q_{odbT} | I_T |
|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| BEZM:T101 | 10 | 110/6,3 | 52 | 56 | 0,037 | -5,9 | -0,9 | 29,3 |
| BEZM:T102 | 10 | 110/6,3 | 52 | 56 | 0,037 | -5,9 | -0,9 | 29,3 |
| CEKO:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 28 | 0,050 | -11,2 | -1,7 | 56,3 |
| CEKO:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 27 | 0,038 | -6,7 | -1,6 | 34,3 |
| CTRE:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0,040 | 0 | -0,1 | 0,5 |
| CTRE:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 43 | 0,052 | -11,1 | -2,0 | 54,1 |
| CTRE:T103 | 25 | 110/35/6 | 131 | 62 | 0,073 | -15,9 | -2,1 | 77,1 |
| CTRE:T104 | 25 | 110/22/6 | 131 | 21 | 0,035 | -5,4 | -1,7 | 27,4 |
| CTRE:T105 | 25 | 110/22/6 | 131 | 12 | 0,030 | -3,1 | -0,9 | 15,7 |
| DOBR:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0,037 | 0 | -0,1 | 0,5 |
| DOBR:T102 | 40 | 115/35/6 | 210 | 64 | 0,103 | -25,5 | -4,3 | 128,4 |

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{odbT} | Q_{odbT} | I_T |
|-----------|----------|------------|----------|----------|--------------|------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| EOP_:T101 | 16 | 110/6,3 | 84 | 58 | 0,059 | -7,1 | -7,0 | 49,1 |
| EPO4:T104 | 16 | 115/10,5 | 80 | 21 | 0,020 | -3,4 | -0,2 | 16,8 |
| HKJI:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 35 | 0,057 | -14,1 | -2,6 | 70,5 |
| HKJI:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 41 | 0,065 | -16,5 | 0,0 | 81,3 |
| HKSE:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 29 | 0,072 | -3,0 | -0,8 | 15,2 |
| HKSE:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HKSE:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 50 | 0,079 | -20,3 | 0,2 | 99,7 |
| HKSE:T104 | 40 | 110/35/6 | 210 | 32 | 0,055 | -12,8 | 1,4 | 63,1 |
| CHOC:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 1 | 0,059 | -0,1 | 0 | 0,3 |
| CHOC:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 45 | 0,095 | -4,7 | -1,1 | 23,4 |
| CHOC:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 40 | 0,064 | -16,3 | -2,5 | 79,6 |
| CHOC:T104 | 40 | 110/35/6 | 210 | 34 | 0,055 | -13,6 | -1,7 | 68,1 |
| JABL:T101 | 25 | 110/22/6 | 131 | 41 | 0,051 | -10,7 | -2,4 | 52,3 |
| JABL:T102 | 25 | 110/22/6 | 131 | 27 | 0,038 | -7,0 | -1,5 | 34,5 |
| KRPA:T101 | 10 | 110/35/6,3 | 131 | 5 | 0,017 | -1,3 | -0,4 | 6,8 |
| KRPA:T102 | 10 | 110/35/6,3 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KVAS:T101 | 25 | 110/6,3 | 131 | 54 | 0,070 | -13,5 | -3,7 | 69,0 |
| KVAS:T102 | 25 | 110//6,3 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LANS:T101 | 25 | 110/22/6 | 131 | 57 | 0,071 | -14,6 | -3,1 | 71,6 |
| LANS:T102 | 25 | 110/22/6 | 131 | 32 | 0,042 | -8,2 | -1,7 | 40,5 |
| LIPE:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 42 | 0,065 | -16,8 | -2,8 | 83,8 |
| LIPE:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 68 | 0,110 | -26,7 | -6,5 | 135,6 |
| MORA:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MORA:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 38 | 0,082 | -4,0 | -0,5 | 19,9 |
| MTRE:T101 | 40 | 110/22/6 | 210 | 27 | 0,052 | -11,0 | -3,8 | 55,5 |
| NACH:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0,038 | 0 | -0,1 | 0,5 |
| NACH:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 55 | 0,065 | -13,9 | 1,3 | 68,9 |
| NACH:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 54 | 0,085 | -21,7 | 0,6 | 107,4 |
| NOPA:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NOPA:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 37 | 0,058 | -14,6 | -3,5 | 74,4 |
| PASE:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 73 | 0,121 | -28,4 | -7,1 | 146,3 |
| PASE:T102 | 43 | 110/35/6 | 226 | 38 | 0,073 | -16,4 | -1,8 | 82,2 |
| POLI:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 72 | 0,086 | -17,9 | -3,1 | 89,8 |
| POLI:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 43 | 0,050 | -10,9 | -0,7 | 53,8 |
| PORI:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PORI:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 62 | 0,099 | -25,0 | -3,4 | 124,1 |
| PORI:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 51 | 0,082 | -20,8 | 1,4 | 102,4 |
| ROKY:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 69 | 0,078 | -15,7 | -6,8 | 86,2 |
| ROKY:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 36 | 0,042 | -8,5 | -3,2 | 45,8 |
| RUDO:T101 | 12,5 | 110/23/6,3 | 66 | 12 | 0,017 | -1,5 | -0,4 | 7,3 |
| RUDO:T102 | 12,5 | 110/23/6,3 | 66 | 12 | 0,017 | -1,5 | -0,4 | 7,3 |
| RYCH:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0,032 | 0 | -0,1 | 0,3 |
| RYCH:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 63 | 0,102 | -25,4 | -3,5 | 126,5 |
| RYCH:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 51 | 0,080 | -20,8 | -3,1 | 102,0 |
| SEMI:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 34 | 0,055 | -13,7 | -1,3 | 68,7 |
| SEMI:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 59 | 0,091 | -23,0 | -4,5 | 117,3 |

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{odbT} | Q_{odbT} | I_T |
|-----------|----------|--------------|----------|----------|-------------------|-----------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| SEMI:T103 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SVID:T1 | 10 | 110/27 | 52 | 9 | 0,016 | -1,0 | -0,1 | 4,9 |
| SVID:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 25 | 0,071 | -2,8 | -0,1 | 13,3 |
| SVIT:T101 | 40 | 110/22/6 | 210 | 27 | 0,051 | -11,5 | -1,3 | 55,3 |
| SVIT:T102 | 40 | 110/22/6 | 210 | 17 | 0,044 | -7,0 | -1,4 | 34,5 |
| TYCD:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TYCD:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 4 | 0,057 | 0,4 | 0,1 | 1,9 |
| USTI:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 42 | 0,091 | -4,5 | -0,9 | 22,2 |
| USTI:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| USTI:T103 | 25 | 110/35/6 | 131 | 35 | 0,045 | -8,9 | -1,1 | 43,5 |
| VAMB:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0,032 | -7,8 | -1,3 | 38,6 |
| VAMB:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 31 | 0,041 | 0 | -0,1 | 0,3 |
| VERT:T101 | 10 | 110/36,8/6,3 | 52 | 57 | 0,036 | -5,3 | -2,4 | 28,0 |
| VERT:T102 | 10 | 110/36,8/6,3 | 52 | 51 | 0,031 | -5,1 | -0,5 | 24,6 |
| VRCH:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VRCH:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 46 | 0,053 | -11,6 | -0,6 | 57,5 |
| VRCH:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 37 | 0,059 | -14,8 | -1,7 | 73,9 |
| VSES:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 36 | 0,059 | -14,8 | -1,9 | 73,1 |
| VSES:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 33 | 0,055 | -13,4 | -2,3 | 66,6 |
| ZAMB:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 30 | 0,054 | -12,5 | -1,5 | 60,7 |
| ZAMB:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 20 | 0,045 | -8,0 | -0,8 | 39,2 |
| | | | | | $\sum \Delta P_T$ | $\sum P_{odbT}$ | | |
| | | | | | 3,92 | -724,7 | | |

Tab. příloha E-5 Poměry na vedeních 110 kV – samostatný provoz

| Číslo | Rozvodna/Bod | | I_{maxV} | P_1 | Q_1 | P_2 | Q_2 | ΔP_V | i_{zV} |
|--------|--------------|----------|------------|-------|--------|-------|--------|--------------|----------|
| vedení | Od | Do | (A) | (MW) | (MVar) | (MW) | (MVar) | (MW) | (%) |
| V1011 | KRA_ | MTRE | 572 | -18,2 | -3,1 | 18,2 | 3,6 | 0,045 | 16 |
| V1012 | KRA_ | SVIT | 572 | -15,1 | -1,7 | 15,1 | 2,5 | 0,049 | 13 |
| V1013 | MTRE | SVIT | 572 | -7,2 | 0,2 | 7,2 | 0,3 | 0,006 | 6 |
| V1014 | SVIT | SVID | 572 | -1,0 | 0 | 1,0 | 0,1 | 0 | 1 |
| V1015 | SVIT | SVID | 572 | -2,8 | 0 | 2,8 | 0,1 | 0 | 2 |
| V1103 | SEMI | ROKY | 572 | -15,7 | -6,3 | 15,7 | 6,8 | 0,051 | 15 |
| V1104 | SEMI | ROKY | 572 | -8,6 | -2,5 | 8,5 | 3,2 | 0,014 | 8 |
| V1111a | NOPA | U1111ab | 830 | -9,4 | 1,8 | 9,4 | -1,6 | 0,002 | 6 |
| V1111b | U1111ab | VRCH | 483 | -9,4 | 1,6 | 9,4 | -0,9 | 0,021 | 10 |
| V1113 | KRPA | VRCH | 483 | -16,9 | -2,8 | 16,9 | 3,2 | 0,044 | 18 |
| V1116 | LIPE | SEMI | 830 | -29,4 | -5,6 | 29,2 | 6,3 | 0,209 | 18 |
| V1117 | NEZ_ | NOPA | 830 | -56,3 | -11,3 | 55,9 | 9,8 | 0,474 | 34 |
| V1118 | NEZ_ | LIPE | 830 | -73,3 | -16,5 | 72,9 | 14,9 | 0,370 | 44 |
| V1121a | KRA_ | U1121abc | 483 | -37,7 | -1,6 | 37,5 | 1,6 | 0,245 | 37 |
| V1121b | U1121abc | SVIT | 483 | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 0 | 1 |

| Číslo vedení | Rozvodna/Bod | | I_{maxV} (A) | P_1 (MW) | Q_1 (MVar) | P_2 (MW) | Q_2 (MVar) | ΔP_V (MW) | i_{zV} (%) |
|-----------------|--------------|----------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| V1121c | U1121abc | CTRE | 483 | -37,5 | -2,2 | 37,4 | 2,2 | 0,043 | 37 |
| V1122 | RUDO | CTRE | 483 | -11,8 | 1,3 | 11,8 | -0,8 | 0,023 | 12 |
| V1123 | KRA_ | CTRE | 725 | -40,5 | -7,9 | 40,4 | 7,8 | 0,189 | 27 |
| V1124 | KRA_ | CTRE | 725 | -40,5 | -7,9 | 40,4 | 7,8 | 0,189 | 27 |
| V1125 | LANS | RUDO | 483 | -14,7 | 0,7 | 14,7 | -0,5 | 0,011 | 15 |
| V1126 | KRA_ | LANS | 483 | -37,8 | -4,2 | 37,6 | 4,2 | 0,188 | 38 |
| V1127 | KRA_ | JABL | 572 | -8,9 | -0,9 | 8,8 | 2,0 | 0,019 | 8 |
| V1128 | KRA_ | JABL | 572 | -8,9 | -0,9 | 8,8 | 2,0 | 0,019 | 8 |
| V1153 | EOP_ | PASE | 483 | -45,3 | -7,5 | 45,0 | 7,1 | 0,338 | 47 |
| V1155 | NEZ_ | VSES | 830 | -56,0 | -10,8 | 55,8 | 10,3 | 0,179 | 34 |
| V1156 | NEZ_ | VSES | 830 | -56,0 | -10,8 | 55,8 | 10,3 | 0,179 | 34 |
| V1157 | NOPA | SEMI | 830 | -31,9 | -8,0 | 31,7 | 8,2 | 0,120 | 20 |
| V1159a | U1159ab | HKJI | 483 | -6,6 | 4,7 | 6,6 | -4,6 | 0,003 | 8 |
| V1159b | EOP_ | U1159ab | 572 | -6,7 | 5,1 | 6,6 | -4,7 | 0,006 | 7 |
| V1161a | VSES | U1161ab | 572 | -24,0 | -6,8 | 23,9 | 7,0 | 0,042 | 21 |
| V1161b | U1161ab | HKJI | 483 | -23,9 | -7,0 | 23,9 | 7,1 | 0,033 | 25 |
| V1162 | VSES | EOP_ | 572 | -11,7 | -9,2 | 11,7 | 9,7 | 0,035 | 13 |
| V1163 | NEZ_ | PORI | 830 | -43,7 | -2,5 | 43,4 | 2,2 | 0,267 | 26 |
| V1164 | NEZ_ | PORI | 830 | -43,7 | -2,5 | 43,4 | 2,2 | 0,267 | 26 |
| V1165 | PORI | CEKO | 483 | -21,8 | -1,3 | 21,7 | 1,8 | 0,127 | 22 |
| V1166 | PORI | NACH | 483 | -22,1 | -0,7 | 22,0 | 1,3 | 0,136 | 23 |
| V1169 | PORI | KRPA | 483 | -18,3 | -2,5 | 18,3 | 3,2 | 0,093 | 19 |
| V1170a | VERT | U1170ab | 483 | -5,9 | -0,1 | 5,9 | 0,2 | 0,002 | 6 |
| V1170b | U1170ab | CHOC | 572 | -5,9 | -0,2 | 5,9 | 0,7 | 0,004 | 5 |
| V1173a | PASE | U1173abc | 483 | -0,2 | 1,8 | 0,2 | -1,1 | 0 | 2 |
| V1173b | U1173abc | U1173bcd | 483 | -0,2 | 1,0 | 0,2 | -1,0 | 0 | 1 |
| V1173c | U1173bcd | MORA | 483 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1173d | U1173bcd | CHOC | 483 | -0,2 | 0,9 | 0,2 | -0,3 | 0 | 1 |
| V1174a | EOP_ | U1174abc | 483 | -17,5 | -1,1 | 17,4 | 1,8 | 0,082 | 18 |
| V1174b | U1174abc | MORA | 483 | -4,0 | -0,4 | 4,0 | 0,5 | 0 | 4 |
| V1174c | U1174abc | CHOC | 483 | -13,4 | -1,4 | 13,4 | 1,9 | 0,037 | 14 |
| V1175 | PORI | POLI | 483 | -18,8 | -1,0 | 18,7 | 1,6 | 0,092 | 19 |
| V1176 | PORI | POLI | 483 | -18,8 | -1,0 | 18,7 | 1,6 | 0,092 | 19 |
| V1178a | CTRE | U1178abc | 572 | -15,2 | -1,9 | 15,1 | 2,5 | 0,040 | 13 |
| V1178b | U1178abc | USTI | 483 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1178c | U1178abc | CHOC | 572 | -15,1 | -2,9 | 15,1 | 3,0 | 0,008 | 13 |
| V1179a | CTRE | U1179ab | 572 | -16,3 | -2,4 | 16,3 | 2,8 | 0,027 | 14 |
| V1179b | U1179ab | VERT | 483 | -16,3 | -2,8 | 16,3 | 2,9 | 0,013 | 17 |
| V1180 | CTRE | USTI | 830 | -35,2 | -3,6 | 35,1 | 3,7 | 0,075 | 21 |
| V1181 | CTRE | ZAMB | 830 | -27,7 | -2,2 | 27,6 | 2,8 | 0,106 | 16 |
| V1182 | USTI | RYCH | 830 | -21,7 | -1,7 | 21,6 | 2,5 | 0,056 | 13 |
| V1183 | ZAMB | RYCH | 830 | -7,1 | -0,5 | 7,1 | 1,6 | 0,006 | 4 |
| V1184 | RYCH | DOBR | 483 | -20,0 | -1,3 | 19,9 | 1,9 | 0,095 | 21 |
| V1185 | RYCH | KVAS | 483 | -20,4 | -2,4 | 20,4 | 2,5 | 0,019 | 21 |

| Číslo vedení | Rozvodna/Bod | | I_{maxV} (A) | P_1 (MW) | Q_1 (MVar) | P_2 (MW) | Q_2 (MVar) | ΔP_V (MW) | i_{zV} (%) |
|-------------------|--------------|----------|-------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| | Od | Do | | | | | | | |
| V1186a | POLI | U1186abc | 483 | -8,6 | 0,7 | 8,6 | -0,3 | 0,009 | 9 |
| V1186b | U1186abc | NACH | 483 | -8,6 | 0,1 | 8,6 | 0 | 0,002 | 9 |
| V1187 | KVAS | NACH | 483 | -6,9 | 1,2 | 6,9 | 0 | 0,018 | 7 |
| V1188 | NACH | DOBR | 483 | -5,6 | -1,9 | 5,6 | 2,6 | 0,008 | 6 |
| V1189 | CEKO | NACH | 483 | -3,7 | 1,5 | 3,7 | -1,2 | 0,002 | 4 |
| V1195a | NEZ_ | U1195abc | 830 | -33,3 | -3,1 | 33,1 | 3,5 | 0,166 | 20 |
| V1195b | U1195abc | RYCH | 830 | -33,1 | -3,5 | 33,0 | 3,7 | 0,079 | 20 |
| V1195c | U1195abc | TYCD | 483 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1196a | NEZ_ | U1196abc | 830 | -33,4 | -3,2 | 33,2 | 3,5 | 0,167 | 20 |
| V1196b | U1196abc | RYCH | 830 | -32,9 | -3,4 | 32,8 | 3,6 | 0,078 | 20 |
| V1196c | U1196abc | TYCD | 483 | -0,4 | -0,1 | 0,4 | 0,1 | 0 | 0 |
| V1981a | U1981ab | NEZ_ | 725 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1981b | U1981cbd | U1981ab | 572 | 0 | 0,5 | 0 | -0,1 | 0 | 0 |
| V1981c | VSES | U1981cbd | 483 | -20,3 | 0,9 | 20,3 | -0,9 | 0,001 | 21 |
| V1981d | U1981cbd | U1981def | 483 | -20,3 | 0,4 | 20,3 | -0,3 | 0,009 | 21 |
| V1981e | U1981def | BEZM | 483 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1981f | U1981def | HKSE | 483 | -20,3 | 0,3 | 20,3 | -0,2 | 0,015 | 21 |
| V1982a | VSES | U1982abc | 483 | -27,5 | -1,1 | 27,5 | 1,1 | 0,018 | 28 |
| V1982b | U1982abc | BEZM | 483 | -11,8 | -1,8 | 11,8 | 1,8 | 0 | 12 |
| V1982c | U1982abc | HKSE | 483 | -15,7 | 0,7 | 15,7 | -0,6 | 0,009 | 16 |
| V1989 | RYCH | VAMB | 483 | -7,9 | -1,1 | 7,8 | 1,3 | 0,005 | 8 |
| V1990 | RYCH | VAMB | 483 | 0 | 0,2 | 0 | 0,1 | 0 | 0 |
| V912 | EPO_ | PORI | 483 | -29,0 | -3,6 | 29,0 | 3,6 | 0,007 | 30 |
| V913 | EPO_ | PORI | 483 | -33,2 | -0,6 | 33,2 | 0,6 | 0,010 | 34 |
| V914 | PORI | EPO_ | 483 | -3,4 | -0,2 | 3,4 | 0,2 | 0 | 3 |
| $\sum \Delta P_V$ | | | | | | | | | |
| 5,39 | | | | | | | | | |

Tab. příloha E-6 Zkratové poměry – samostatný provoz

| Rozvodna | Zkratová odolnost | I''_{k1} | I''_{k3} | i''_{zk1} | i''_{zk3} |
|------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | (kA) | (%) | (%) |
| BEZM:1:W11 | 13 | 12,7 | 13,7 | 97,7 | 105,4 |
| BEZM:1:W12 | 13 | 12,7 | 13,7 | 97,7 | 105,4 |
| CEKO:1:W11 | 25 | 8,3 | 8,5 | 33,2 | 34,0 |
| CEKO:1:W12 | 25 | 8,3 | 8,5 | 33,2 | 34,0 |
| CTRE:1:W1 | 20 | 17,6 | 17,1 | 88,0 | 85,5 |
| CTRE:1:W2 | 20 | 17,6 | 17,1 | 88,0 | 85,5 |
| DOBR:1:W11 | 25 | 7,1 | 7,1 | 28,4 | 28,4 |
| DOBR:1:W12 | 25 | 7,1 | 7,1 | 28,4 | 28,4 |
| EOP_:1:W1 | 16 | 10,2 | 11,2 | 63,8 | 70,0 |
| HKJI:1:W1 | 25 | 9,5 | 10,2 | 38,0 | 40,8 |

| Rozvodna | Zkratová odolnost | I''_{k1} | I''_{k3} | i''_{zk1} | i''_{zk3} |
|------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | (kA) | (%) | (%) |
| HKJI:1:W2 | 25 | 9,5 | 10,2 | 38,0 | 40,8 |
| HKSE:1:W1 | 14 | 12,6 | 13,1 | 90,0 | 93,6 |
| HKSE:1:W2 | 14 | 12,6 | 13,1 | 90,0 | 93,6 |
| CHOC:1:W1 | 16 | 4,9 | 4,5 | 30,6 | 28,1 |
| CHOC:1:W2 | 16 | 9,2 | 9,4 | 57,5 | 58,8 |
| JABL:1:W11 | 25 | 7,4 | 9,1 | 29,6 | 36,4 |
| JABL:1:W12 | 25 | 7,4 | 9,1 | 29,6 | 36,4 |
| KRA_:1:W11 | 40 | 36,3 | 28,4 | 90,8 | 71,0 |
| KRA_:1:W12 | 40 | 36,3 | 28,4 | 90,8 | 71,0 |
| KRA_:1:W21 | 40 | 36,3 | 28,4 | 90,8 | 71,0 |
| KRA_:1:W22 | 40 | 36,3 | 28,4 | 90,8 | 71,0 |
| KRPA:1:W11 | 25 | 6,4 | 6,9 | 25,6 | 27,6 |
| KRPA:1:W12 | 25 | 6,4 | 6,9 | 25,6 | 27,6 |
| KVAS:1:W11 | 16 | 7,7 | 8,2 | 48,1 | 51,3 |
| KVAS:1:W12 | 16 | 7,7 | 8,2 | 48,1 | 51,3 |
| LANS:1:W11 | 25 | 10,5 | 12,4 | 42,0 | 49,6 |
| LANS:1:W12 | 25 | 10,5 | 12,4 | 42,0 | 49,6 |
| LIPE:1:W11 | 25 | 8,9 | 9,7 | 35,6 | 38,8 |
| LIPE:1:W12 | 25 | 8,9 | 9,7 | 35,6 | 38,8 |
| MORA:1:W11 | 16 | 4,6 | 5,9 | 28,8 | 36,9 |
| MORA:1:W12 | 16 | 5,1 | 6,2 | 31,9 | 38,8 |
| MTRE:1:W11 | 16 | 9 | 10,6 | 56,3 | 66,3 |
| MTRE:1:W12 | 16 | 9 | 10,6 | 56,3 | 66,3 |
| NACH:1:W1 | 20 | 11,1 | 10,2 | 55,5 | 51,0 |
| NACH:1:W2 | 20 | 11,1 | 10,2 | 55,5 | 51,0 |
| NEZ_:1:W11 | 40 | 29,5 | 24,4 | 73,8 | 61,0 |
| NEZ_:1:W21 | 40 | 29,5 | 24,4 | 73,8 | 61,0 |
| NOPA:1:W2 | 25 | 7,9 | 8 | 31,6 | 32,0 |
| PASE:1:W11 | 25 | 6,4 | 6,4 | 25,6 | 25,6 |
| PASE:1:W12 | 25 | 6,4 | 6,4 | 25,6 | 25,6 |
| POLI:1:W11 | 16 | 9,4 | 9,4 | 58,8 | 58,8 |
| POLI:1:W12 | 16 | 9,4 | 9,4 | 58,8 | 58,8 |
| PORI:1:W1 | 20 | 16,8 | 14,6 | 84,0 | 73,0 |
| PORI:1:W21 | 20 | 16,8 | 14,6 | 84,0 | 73,0 |
| PORI:1:W22 | 20 | 16,8 | 14,6 | 84,0 | 73,0 |
| ROKY:1:W11 | 31,5 | 2,9 | 3,7 | 9,2 | 11,7 |
| ROKY:1:W12 | 31,5 | 2,9 | 3,6 | 9,2 | 11,4 |
| RUDO:1:W11 | 16 | 9,4 | 11,6 | 58,8 | 72,5 |
| RUDO:1:W12 | 16 | 9,4 | 11,6 | 58,8 | 72,5 |
| RYCH:1:W11 | 16 | 6,3 | 5,7 | 39,4 | 35,6 |
| RYCH:1:W12 | 16 | 6,3 | 5,7 | 39,4 | 35,6 |
| RYCH:1:W2 | 16 | 9,7 | 9,1 | 60,6 | 56,9 |
| SEMI:1:W1 | 25 | 5,7 | 5,8 | 22,8 | 23,2 |
| SVID:1:W11 | 25 | 8 | 8,7 | 32,0 | 34,8 |

| Rozvodna | Zkratová odolnost | I''_{k1} | I''_{k3} | i''_{zk1} | i''_{zk3} |
|------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | (kA) | (%) | (%) |
| SVID:1:W12 | 25 | 8 | 8,7 | 32,0 | 34,8 |
| SVIT:1:W11 | 25 | 9 | 9,4 | 36,0 | 37,6 |
| SVIT:1:W12 | 25 | 9 | 9,4 | 36,0 | 37,6 |
| TYCD:1:W1 | 13 | 6,3 | 7,9 | 48,5 | 60,8 |
| TYCD:1:W2 | 13 | 6,1 | 7,9 | 46,9 | 60,8 |
| USTI:1:W2 | 16 | 7,6 | 8,6 | 47,5 | 53,8 |
| VAMB:1:W1 | 13 | 4,6 | 4,7 | 35,4 | 36,2 |
| VAMB:1:W2 | 13 | 4,6 | 4,7 | 35,4 | 36,2 |
| VERT:1:W1 | 25 | 7,5 | 9,1 | 30,0 | 36,4 |
| VRCH:1:W2 | 13 | 7,5 | 9,1 | 57,7 | 70,0 |
| VSES:1:W1 | 40 | 16,5 | 16,1 | 41,3 | 40,3 |
| VSES:1:W21 | 40 | 16,5 | 16,1 | 41,3 | 40,3 |
| VSES:1:W22 | 40 | 16,5 | 16,1 | 41,3 | 40,3 |
| ZAMB:1:W11 | 25 | 6,1 | 6,1 | 24,4 | 24,4 |
| ZAMB:1:W12 | 25 | 6,1 | 6,1 | 24,4 | 24,4 |

PŘÍLOHA F – SOUHRNNÉ VÝSLEDKY PARALELNÍHO PROVOZU UNO NEZ_ A UNO KRA_

Tab. příloha F-1 Napěťové poměry přípojníc rozvoden 110 kV – paralelní provoz

| Rozvodna | U | δ | Rozvodna | U | δ |
|------------|-------|----------|------------|-------|----------|
| Zkratka | (V) | (°) | Zkratka | (V) | (°) |
| BEZM:1:W11 | 118,0 | -25,8 | NEZ_:1:W11 | 118,7 | -25,0 |
| BEZM:1:W12 | 118,0 | -25,8 | NEZ_:1:W21 | 118,7 | -25,0 |
| CEKO:1:W11 | 117,1 | -27,5 | NEZ_:1:W31 | 0 | 0 |
| CEKO:1:W12 | 117,1 | -27,5 | NOPA:1:W1 | 116,7 | -27,6 |
| CTRE:1:W1 | 119,1 | -24,1 | NOPA:1:W2 | 0 | 0 |
| CTRE:1:W2 | 119,1 | -24,1 | PASE:1:W11 | 117,0 | -26,1 |
| DOBR:1:W11 | 116,9 | -27,6 | PASE:1:W12 | 117,0 | -26,1 |
| DOBR:1:W12 | 116,9 | -27,6 | POLI:1:W11 | 117,2 | -27,4 |
| EOP_:1:W1 | 119,6 | -13,2 | POLI:1:W12 | 117,2 | -27,4 |
| EOP_:1:W2 | 117,8 | -25,4 | PORI:1:W1 | 117,8 | -26,8 |
| HKJI:1:W1 | 117,7 | -25,9 | PORI:1:W21 | 117,8 | -26,8 |
| HKJI:1:W2 | 117,7 | -25,9 | PORI:1:W22 | 117,8 | -26,8 |
| HKSE:1:W1 | 118,0 | -25,9 | ROKY:1:W11 | 114,9 | -29,2 |
| HKSE:1:W2 | 118,0 | -25,9 | ROKY:1:W12 | 115,3 | -29,0 |
| CHOC:1:W1 | 117,9 | -25,3 | RUDO:1:W11 | 119,5 | -23,5 |
| CHOC:1:W2 | 117,9 | -25,3 | RUDO:1:W12 | 119,5 | -23,5 |
| JABL:1:W11 | 120,2 | -22,8 | RYCH:1:W11 | 117,7 | -26,7 |
| JABL:1:W12 | 120,2 | -22,8 | RYCH:1:W12 | 117,7 | -26,7 |
| KRA_:1:W11 | 120,6 | -22,4 | RYCH:1:W2 | 117,7 | -26,7 |
| KRA_:1:W12 | 120,6 | -22,4 | SEMI:1:W1 | 115,7 | -28,7 |
| KRA_:1:W21 | 120,6 | -22,4 | SEMI:1:W2 | 120,4 | -22,1 |
| KRA_:1:W22 | 120,6 | -22,4 | SVID:1:W11 | 120,0 | -23,0 |
| KRA_:1:W31 | 120,0 | -21,3 | SVID:1:W12 | 120,0 | -23,0 |
| KRA_:1:W32 | 120,0 | -21,3 | SVIT:1:W11 | 120,0 | -23,0 |
| KRA_:1:W51 | 0 | 0 | SVIT:1:W12 | 120,0 | -23,0 |
| KRA_:1:W52 | 0 | 0 | TYCD:1:W1 | 118,1 | -26,1 |
| KRPA:1:W11 | 117,0 | -27,5 | TYCD:1:W2 | 118,1 | -26,1 |
| KRPA:1:W12 | 117,0 | -27,5 | USTI:1:W1 | 0 | 0 |
| KVAS:1:W11 | 117,6 | -26,9 | USTI:1:W2 | 118,5 | -25,1 |
| KVAS:1:W12 | 117,6 | -26,9 | VAMB:1:W1 | 117,6 | -26,8 |
| LANS:1:W11 | 119,6 | -23,3 | VAMB:1:W2 | 117,7 | -26,7 |
| LANS:1:W12 | 119,6 | -23,3 | VERT:1:W1 | 118,4 | -24,8 |
| LIPE:1:W11 | 117,4 | -26,5 | VERT:1:W2 | 118,4 | -24,8 |
| LIPE:1:W12 | 117,4 | -26,5 | VRCH:1:W1 | 0 | 0 |
| MORA:1:W11 | 117,5 | -25,7 | VRCH:1:W2 | 116,5 | -27,9 |
| MORA:1:W12 | 117,8 | -25,4 | VSES:1:W1 | 118,1 | -25,7 |
| MTRE:1:W11 | 120,1 | -22,8 | VSES:1:W21 | 118,1 | -25,7 |
| MTRE:1:W12 | 120,1 | -22,8 | VSES:1:W22 | 118,1 | -25,7 |
| NACH:1:W1 | 117,1 | -27,6 | ZAMB:1:W11 | 118,1 | -25,9 |

| | | | | | |
|-----------|-------|----------|------------|-------|----------|
| Rozvodna | U | δ | Rozvodna | U | δ |
| Zkratka | (V) | (°) | Zkratka | (V) | (°) |
| NACH:1:W2 | 117,1 | -27,6 | ZAMB:1:W12 | 118,1 | -25,9 |

Tab. příloha F-2 Transformátory 400/110 kV (dodávka výkonu) – paralelní provoz

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{dodT} | Q_{dodT} | I_T |
|-----------|----------|--------------|----------|----------|-------------------|-----------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| KRA_:T401 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 39 | 0,188 | 135,4 | 11,3 | 650,4 |
| KRA_:T403 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 39 | 0,183 | 133,0 | 26,6 | 649,2 |
| NEZ_:T401 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 50 | 0,218 | 169,2 | 26,8 | 833,4 |
| NEZ_:T402 | 350 | 400/121/10,5 | 1670 | 50 | 0,213 | 166,4 | 26,4 | 819,6 |
| | | | | | $\sum \Delta P_T$ | $\sum P_{dodT}$ | | |
| | | | | | 0,8 | 604,0 | | |

Tab. příloha F-3 Transformátory 110/vn kV (dodávka výkonu) – paralelní provoz

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{dodT} | Q_{dodT} | I_T |
|----------|----------|----------|----------|----------|-------------------|-----------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| EOP2:T2 | 63 | 121/10,5 | 301 | 21 | 0,058 | 12,7 | -0,3 | 62,4 |
| EOP6:T6 | 63 | 121/10,5 | 301 | 85 | 0,237 | 52,1 | 1,1 | 255,2 |
| EPO2:T2 | 63 | 115/10,5 | 316 | 45 | 0,110 | 29,0 | 3,6 | 143,1 |
| EPO3:T3 | 63 | 115/10,5 | 316 | 51 | 0,128 | 33,2 | 0,6 | 162,5 |
| | | | | | $\sum \Delta P_T$ | $\sum P_{dodT}$ | | |
| | | | | | 0,53 | 127,0 | | |

Tab. příloha F-4 Transformátory 110/vn kV (odběr výkonu) – paralelní provoz

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{odbT} | Q_{odbT} | I_T |
|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| BEZM:T101 | 10 | 110/6,3 | 52 | 56 | 0,037 | -5,9 | -0,9 | 29,1 |
| BEZM:T102 | 10 | 110/6,3 | 52 | 56 | 0,037 | -5,9 | -0,9 | 29,1 |
| CEKO:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 28 | 0,050 | -11,3 | -1,7 | 56,1 |
| CEKO:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 27 | 0,038 | -6,7 | -1,6 | 34,2 |
| CTRE:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0,039 | 0 | -0,1 | 0,5 |
| CTRE:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 43 | 0,051 | -11,1 | -2,0 | 54,5 |
| CTRE:T103 | 25 | 110/35/6 | 131 | 62 | 0,073 | -15,9 | -2,1 | 77,6 |
| CTRE:T104 | 25 | 110/22/6 | 131 | 22 | 0,034 | -5,4 | -1,7 | 27,6 |
| CTRE:T105 | 25 | 110/22/6 | 131 | 12 | 0,030 | -3,1 | -0,9 | 15,8 |
| DOBR:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0,038 | 0 | -0,1 | 0,5 |
| DOBR:T102 | 40 | 115/35/6 | 210 | 64 | 0,102 | -25,5 | -4,3 | 127,7 |
| EOP_:T101 | 16 | 110/6,3 | 84 | 58 | 0,059 | -7,1 | -7,0 | 48,7 |

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{odbT} | Q_{odbT} | I_T |
|-----------|----------|------------|----------|----------|--------------|------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| EPO4:T104 | 16 | 115/10,5 | 80 | 21 | 0,020 | -3,4 | -0,2 | 16,8 |
| HKJI:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 35 | 0,057 | -14,1 | -2,6 | 70,1 |
| HKJI:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 40 | 0,065 | -16,5 | 0,1 | 80,8 |
| HKSE:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 29 | 0,073 | -3,0 | -0,8 | 15,1 |
| HKSE:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| HKSE:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 50 | 0,079 | -20,3 | 0,2 | 99,2 |
| HKSE:T104 | 40 | 110/35/6 | 210 | 31 | 0,055 | -12,8 | 1,4 | 62,8 |
| CHOC:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 1 | 0,058 | -0,1 | 0 | 0,3 |
| CHOC:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 45 | 0,095 | -4,7 | -1,1 | 23,7 |
| CHOC:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 40 | 0,064 | -16,3 | -2,5 | 80,6 |
| CHOC:T104 | 40 | 110/35/6 | 210 | 33 | 0,056 | -13,6 | -1,6 | 66,8 |
| JABL:T101 | 25 | 110/22/6 | 131 | 41 | 0,051 | -10,7 | -2,4 | 52,5 |
| JABL:T102 | 25 | 110/22/6 | 131 | 27 | 0,038 | -7,0 | -1,5 | 34,5 |
| KRPA:T101 | 10 | 110/35/6,3 | 131 | 5 | 0,017 | -1,3 | -0,4 | 6,8 |
| KRPA:T102 | 10 | 110/35/6,3 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KVAS:T101 | 25 | 110/6,3 | 131 | 54 | 0,070 | -13,5 | -3,7 | 68,5 |
| KVAS:T102 | 25 | 110//6,3 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LANS:T101 | 25 | 110/22/6 | 131 | 57 | 0,071 | -14,6 | -3,1 | 71,9 |
| LANS:T102 | 25 | 110/22/6 | 131 | 32 | 0,042 | -8,2 | -1,7 | 40,7 |
| LIPE:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 42 | 0,065 | -16,8 | -2,8 | 83,6 |
| LIPE:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 68 | 0,110 | -26,7 | -6,5 | 135,2 |
| MORA:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MORA:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 37 | 0,083 | -4,0 | -0,5 | 19,7 |
| MTRE:T101 | 40 | 110/22/6 | 210 | 27 | 0,052 | -11,0 | -3,8 | 55,7 |
| NACH:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0,038 | 0,0 | -0,1 | 0,5 |
| NACH:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 55 | 0,065 | -13,9 | 1,3 | 68,6 |
| NACH:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 53 | 0,085 | -21,7 | 0,6 | 106,9 |
| NOPA:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NOPA:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 37 | 0,058 | -14,6 | -3,5 | 74,1 |
| PASE:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 72 | 0,120 | -28,4 | -7,1 | 144,6 |
| PASE:T102 | 43 | 110/35/6 | 226 | 38 | 0,073 | -16,4 | -1,8 | 81,3 |
| POLI:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 71 | 0,085 | -17,9 | -3,1 | 89,4 |
| POLI:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 43 | 0,050 | -10,9 | -0,7 | 53,6 |
| PORI:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PORI:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 62 | 0,099 | -25,0 | -3,4 | 123,6 |
| PORI:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 51 | 0,081 | -20,8 | 1,4 | 102,0 |
| ROKY:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 69 | 0,078 | -15,7 | -6,8 | 85,9 |
| ROKY:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 36 | 0,042 | -8,5 | -3,2 | 45,7 |
| RUDO:T101 | 12,5 | 110/23/6,3 | 66 | 12 | 0,017 | -1,5 | -0,4 | 7,4 |
| RUDO:T102 | 12,5 | 110/23/6,3 | 66 | 12 | 0,017 | -1,5 | -0,4 | 7,4 |
| RYCH:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0,031 | 0 | -0,1 | 0,3 |
| RYCH:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 63 | 0,101 | -25,4 | -3,5 | 125,7 |
| RYCH:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 51 | 0,080 | -20,8 | -3,2 | 103,1 |
| SEMI:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 34 | 0,056 | -13,7 | -1,3 | 68,5 |
| SEMI:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 58 | 0,091 | -23,0 | -4,5 | 116,9 |
| SEMI:T103 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Rozvodna | S_{nT} | Převod | I_{nT} | i_{zT} | ΔP_T | P_{odbT} | Q_{odbT} | I_T |
|-----------|----------|--------------|----------|----------|-------------------|-----------------|------------|-------|
| Zkratka | (MVA) | (kV) | (A) | (%) | (MW) | (MW) | (MVar) | (A) |
| SVID:T1 | 10 | 110/27 | 52 | 9 | 0,016 | -1,0 | -0,1 | 4,9 |
| SVID:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 25 | 0,071 | -2,8 | -0,1 | 13,3 |
| SVIT:T101 | 40 | 110/22/6 | 210 | 27 | 0,051 | -11,5 | -1,3 | 55,4 |
| SVIT:T102 | 40 | 110/22/6 | 210 | 17 | 0,044 | -7,0 | -1,4 | 34,5 |
| TYCD:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TYCD:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 4 | 0,058 | 0,4 | 0,1 | 1,9 |
| USTI:T101 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 43 | 0,091 | -4,5 | -0,9 | 22,3 |
| USTI:T102 | 10 | 110/22/6 | 52,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| USTI:T103 | 25 | 110/35/6 | 131 | 35 | 0,044 | -8,9 | -1,1 | 43,9 |
| VAMB:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0,031 | -7,8 | -1,3 | 39,0 |
| VAMB:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 31 | 0,041 | 0,0 | -0,1 | 0,3 |
| VERT:T101 | 10 | 110/36,8/6,3 | 52 | 57 | 0,036 | -5,3 | -2,3 | 28,2 |
| VERT:T102 | 10 | 110/36,8/6,3 | 52 | 52 | 0,032 | -5,1 | -0,5 | 24,9 |
| VRCH:T101 | 25 | 110/35/6 | 131 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VRCH:T102 | 25 | 110/35/6 | 131 | 46 | 0,053 | -11,6 | -0,6 | 57,3 |
| VRCH:T103 | 40 | 110/35/6 | 210 | 37 | 0,059 | -14,8 | -1,7 | 73,6 |
| VSES:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 36 | 0,059 | -14,8 | -1,9 | 72,8 |
| VSES:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 33 | 0,055 | -13,4 | -2,3 | 66,3 |
| ZAMB:T101 | 40 | 110/35/6 | 210 | 31 | 0,053 | -12,5 | -1,5 | 61,3 |
| ZAMB:T102 | 40 | 110/35/6 | 210 | 20 | 0,045 | -8,0 | -0,8 | 39,5 |
| | | | | | $\sum \Delta P_T$ | $\sum P_{odbT}$ | | |
| | | | | | 3,92 | -724,8 | | |

Tab. příloha F-5 Poměry na vedeních 110 kV – paralelní provoz

| Číslo | Rozvodna/Bod | | I_{maxV} | P_1 | Q_1 | P_2 | Q_2 | ΔP_V | i_{zV} |
|--------|--------------|----------|------------|-------|--------|-------|--------|--------------|----------|
| vedení | Od | Do | (A) | (MW) | (MVar) | (MW) | (MVar) | (MW) | (%) |
| V1011 | KRA_ | MTRE | 572 | -18,2 | -3,1 | 18,2 | 3,6 | 0,046 | 16 |
| V1012 | KRA_ | SVIT | 572 | -15,1 | -1,7 | 15,1 | 2,5 | 0,049 | 13 |
| V1013 | MTRE | SVIT | 572 | -7,2 | 0,2 | 7,2 | 0,3 | 0,006 | 6 |
| V1014 | SVIT | SVID | 572 | -1,0 | 0 | 1,0 | 0,1 | 0 | 1 |
| V1015 | SVIT | SVID | 572 | -2,8 | 0 | 2,8 | 0,1 | 0 | 2 |
| V1103 | SEMI | ROKY | 572 | -15,7 | -6,3 | 15,7 | 6,8 | 0,051 | 15 |
| V1104 | SEMI | ROKY | 572 | -8,6 | -2,5 | 8,5 | 3,2 | 0,014 | 8 |
| V1111a | NOPA | U1111ab | 830 | -8,1 | 1,3 | 8,1 | -1,1 | 0,001 | 5 |
| V1111b | U1111ab | VRCH | 483 | -8,1 | 1,1 | 8,1 | -0,4 | 0,015 | 8 |
| V1113 | KRPA | VRCH | 483 | -18,3 | -2,3 | 18,3 | 2,7 | 0,051 | 19 |
| V1116 | LIPE | SEMI | 830 | -29,0 | -5,7 | 28,8 | 6,4 | 0,203 | 18 |
| V1117 | NEZ_ | NOPA | 830 | -55,3 | -11,5 | 54,8 | 10,1 | 0,455 | 33 |
| V1118 | NEZ_ | LIPE | 830 | -72,9 | -16,5 | 72,5 | 15,0 | 0,364 | 44 |
| V1121a | KRA_ | U1121abc | 483 | -54,2 | -0,5 | 53,6 | -0,2 | 0,506 | 54 |
| V1121b | U1121abc | SVIT | 483 | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| V1121c | U1121abc | CTRE | 483 | -53,6 | -0,4 | 53,6 | 0,2 | 0,088 | 54 |

| Číslo | Rozvodna/Bod | | I_{maxV} | P_1 | Q_1 | P_2 | Q_2 | ΔP_V | i_{zV} |
|--------|--------------|----------|------------|-------|--------|-------|--------|--------------|----------|
| vedení | Od | Do | (A) | (MW) | (MVar) | (MW) | (MVar) | (MW) | (%) |
| V1122 | RUDO | CTRE | 483 | -21,3 | 2,3 | 21,3 | -1,9 | 0,075 | 21 |
| V1123 | KRA_ | CTRE | 725 | -58,3 | -9,4 | 58,2 | 8,3 | 0,390 | 39 |
| V1124 | KRA_ | CTRE | 725 | -58,6 | -9,4 | 58,2 | 8,3 | 0,390 | 39 |
| V1125 | LANS | RUDO | 483 | -24,3 | 1,5 | 24,3 | -1,4 | 0,030 | 24 |
| V1126 | KRA_ | LANS | 483 | -47,4 | -3,6 | 47,1 | 3,3 | 0,297 | 47 |
| V1127 | KRA_ | JABL | 572 | -8,9 | -0,9 | 8,8 | 2,0 | 0,019 | 8 |
| V1128 | KRA_ | JABL | 572 | -8,9 | -0,9 | 8,8 | 2,0 | 0,019 | 8 |
| V1153 | EOP_ | PASE | 483 | -31,7 | -7,4 | 31,5 | 7,5 | 0,165 | 33 |
| V1155 | NEZ_ | VSES | 830 | -40,2 | -10,3 | 40,1 | 10,2 | 0,093 | 24 |
| V1156 | NEZ_ | VSES | 830 | -40,2 | -10,3 | 40,1 | 10,2 | 0,093 | 24 |
| V1157 | NOPA | SEMI | 830 | -32,2 | -7,9 | 32,1 | 8,1 | 0,121 | 20 |
| V1159a | U1159ab | HKJI | 483 | -18,8 | 5,0 | 18,8 | -4,8 | 0,019 | 19 |
| V1159b | EOP_ | U1159ab | 572 | -18,8 | 5,2 | 18,8 | -5,0 | 0,031 | 16 |
| V1161a | VSES | U1161ab | 572 | -11,8 | -6,9 | 11,8 | 7,2 | 0,012 | 11 |
| V1161b | U1161ab | HKJI | 483 | -11,8 | -7,2 | 11,8 | 7,4 | 0,009 | 13 |
| V1162 | EOP_ | VSES | 572 | -7,5 | 9,7 | 7,5 | -9,1 | 0,016 | 9 |
| V1163 | NEZ_ | PORI | 830 | -39,3 | -3,1 | 39,1 | 3,1 | 0,215 | 23 |
| V1164 | NEZ_ | PORI | 830 | -39,3 | -3,1 | 39,1 | 3,1 | 0,215 | 23 |
| V1165 | PORI | CEKO | 483 | -19,0 | -1,9 | 18,9 | 2,5 | 0,096 | 19 |
| V1166 | PORI | NACH | 483 | -18,5 | -1,1 | 18,4 | 2,2 | 0,095 | 19 |
| V1169 | PORI | KRPA | 483 | -19,7 | -2,1 | 19,6 | 2,7 | 0,107 | 20 |
| V1170a | VERT | U1170ab | 483 | -19,0 | 0,2 | 19,0 | -0,1 | 0,017 | 19 |
| V1170b | U1170ab | CHOC | 572 | -19,0 | 0,1 | 19,0 | 0,3 | 0,039 | 16 |
| V1173a | U1173abc | PASE | 483 | -13,3 | -0,7 | 13,3 | 1,4 | 0,040 | 14 |
| V1173b | U1173bcd | U1173abc | 483 | -13,3 | -0,6 | 13,3 | 0,7 | 0,005 | 14 |
| V1173c | U1173bcd | MORA | 483 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1173d | CHOC | U1173bcd | 483 | -13,4 | 0,0 | 13,3 | 0,6 | 0,035 | 14 |
| V1174a | U1174abc | EOP_ | 483 | -0,2 | 2,2 | 0,2 | -1,3 | 0 | 1 |
| V1174b | U1174abc | MORA | 483 | -4,0 | -0,4 | 4,0 | 0,5 | 0 | 4 |
| V1174c | CHOC | U1174abc | 483 | -4,2 | 2,4 | 4,2 | -1,8 | 0,003 | 4 |
| V1175 | PORI | POLI | 483 | -16,9 | -1,4 | 16,9 | 2,0 | 0,075 | 17 |
| V1176 | PORI | POLI | 483 | -16,9 | -1,4 | 16,9 | 2,0 | 0,075 | 17 |
| V1178a | CTRE | U1178abc | 572 | -33,4 | -2,2 | 33,2 | 2,3 | 0,195 | 28 |
| V1178b | U1178abc | USTI | 483 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1178c | U1178abc | CHOC | 572 | -33,2 | -2,7 | 33,2 | 2,7 | 0,037 | 29 |
| V1179a | CTRE | U1179ab | 572 | -29,5 | -2,4 | 29,4 | 2,6 | 0,089 | 25 |
| V1179b | U1179ab | VERT | 483 | -29,4 | -2,6 | 29,4 | 2,7 | 0,041 | 30 |
| V1180 | CTRE | USTI | 830 | -52,9 | -2,3 | 52,7 | 1,8 | 0,166 | 31 |
| V1181 | CTRE | ZAMB | 830 | -39,8 | -1,3 | 39,6 | 1,3 | 0,219 | 23 |
| V1182 | USTI | RYCH | 830 | -39,3 | 0,2 | 39,1 | -0,2 | 0,180 | 23 |
| V1183 | ZAMB | RYCH | 830 | -19,1 | 1,1 | 19,1 | -0,2 | 0,043 | 11 |
| V1184 | RYCH | DOBR | 483 | -24,9 | -0,3 | 24,7 | 0,7 | 0,143 | 25 |
| V1185 | RYCH | KVAS | 483 | -25,7 | -1,2 | 25,6 | 1,3 | 0,029 | 26 |
| V1186a | POLI | U1186abc | 483 | -5,0 | -0,2 | 5,0 | 0,6 | 0,003 | 5 |

| Číslo | Rozvodna/Bod | | I_{maxV} | P_1 | Q_1 | P_2 | Q_2 | ΔP_V | i_{zV} |
|-------------------|--------------|----------|------------|-------|--------|-------|--------|--------------|----------|
| vedení | Od | Do | (A) | (MW) | (MVar) | (MW) | (MVar) | (MW) | (%) |
| V1186b | U1186abc | NACH | 483 | -5,0 | -0,8 | 5,0 | 0,9 | 0,001 | 5 |
| V1187 | KVAS | NACH | 483 | -12,2 | 2,4 | 12,1 | -1,3 | 0,054 | 12 |
| V1188 | NACH | DOBR | 483 | -0,8 | -3,0 | 0,8 | 3,8 | 0,002 | 3 |
| V1189 | CEKO | NACH | 483 | -0,9 | 0,8 | 0,9 | -0,5 | 0 | 2 |
| V1195a | NEZ_ | U1195abc | 830 | -23,5 | -3,5 | 23,4 | 4,4 | 0,085 | 14 |
| V1195b | U1195abc | RYCH | 830 | -23,4 | -4,4 | 23,4 | 4,8 | 0,041 | 14 |
| V1195c | U1195abc | TYCD | 483 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1196a | NEZ_ | U1196abc | 830 | -23,6 | -3,6 | 23,5 | 4,4 | 0,086 | 14 |
| V1196b | U1196abc | RYCH | 830 | -23,2 | -4,3 | 23,1 | 4,7 | 0,040 | 14 |
| V1196c | U1196abc | TYCD | 483 | -0,4 | -0,1 | 0,4 | 0,1 | 0 | 0 |
| V1981a | U1981ab | NEZ_ | 725 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1981b | U1981cbd | U1981ab | 572 | 0 | 0,5 | 0 | -0,1 | 0 | 0 |
| V1981c | VSES | U1981cbd | 483 | -20,3 | 0,9 | 20,3 | -0,9 | 0,001 | 21 |
| V1981d | U1981cbd | U1981def | 483 | -20,3 | 0,4 | 20,3 | -0,3 | 0,009 | 21 |
| V1981e | U1981def | BEZM | 483 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V1981f | U1981def | HKSE | 483 | -20,3 | 0,3 | 20,3 | -0,2 | 0,014 | 21 |
| V1982a | VSES | U1982abc | 483 | -27,5 | -1,1 | 27,5 | 1,1 | 0,018 | 28 |
| V1982b | U1982abc | BEZM | 483 | -11,8 | -1,8 | 11,8 | 1,8 | 0 | 12 |
| V1982c | U1982abc | HKSE | 483 | -15,7 | 0,7 | 15,7 | -0,6 | 0,009 | 16 |
| V1989 | RYCH | VAMB | 483 | -7,9 | -1,1 | 7,8 | 1,3 | 0,005 | 8 |
| V1990 | RYCH | VAMB | 483 | 0 | 0,2 | 0 | 0,1 | 0 | 0 |
| V912 | EPO_ | PORI | 483 | -29,0 | -3,6 | 29,0 | 3,6 | 0,007 | 30 |
| V913 | EPO_ | PORI | 483 | -33,2 | -0,6 | 33,2 | 0,6 | 0,010 | 34 |
| V914 | PORI | EPO_ | 483 | -3,4 | -0,2 | 3,4 | 0,2 | 0 | 3 |
| $\sum \Delta P_V$ | | | | | | | | | |
| 6,17 | | | | | | | | | |

Tab. příloha F-6 Zkratové poměry – paralelní provoz

| Rozvodna | Zkratová odolnost | I''_{k1} | I''_{k3} | i''_{zk1} | i''_{zk3} |
|------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | (kA) | (%) | (%) |
| BEZM:1:W11 | 13 | 17 | 18,3 | 130,8 | 140,8 |
| BEZM:1:W12 | 13 | 17 | 18,3 | 130,8 | 140,8 |
| CEKO:1:W11 | 25 | 8,9 | 9,6 | 35,6 | 38,4 |
| CEKO:1:W12 | 25 | 8,9 | 9,6 | 35,6 | 38,4 |
| CTRE:1:W1 | 20 | 17,1 | 17,6 | 85,5 | 88,0 |
| CTRE:1:W2 | 20 | 17,1 | 17,6 | 85,5 | 88,0 |
| DOBR:1:W11 | 25 | 7,9 | 8,6 | 31,6 | 34,4 |
| DOBR:1:W12 | 25 | 7,9 | 8,6 | 31,6 | 34,4 |
| EOP_:1:W1 | 16 | 12,1 | 14,9 | 75,6 | 93,1 |
| HKJI:1:W1 | 25 | 10,5 | 12,2 | 42,0 | 48,8 |
| HKJI:1:W2 | 25 | 10,5 | 12,2 | 42,0 | 48,8 |

| Rozvodna | Zkratová odolnost | I''_{k1} | I''_{k3} | i''_{zk1} | i''_{zk3} |
|------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | (kA) | (%) | (%) |
| HKSE:1:W1 | 14 | 14,6 | 16 | 104,3 | 114,3 |
| HKSE:1:W2 | 14 | 14,6 | 16 | 104,3 | 114,3 |
| CHOC:1:W1 | 16 | 8 | 8,6 | 50,0 | 53,8 |
| CHOC:1:W2 | 16 | 8 | 8,6 | 50,0 | 53,8 |
| JABL:1:W11 | 25 | 7,2 | 8,8 | 28,8 | 35,2 |
| JABL:1:W12 | 25 | 7,2 | 8,8 | 28,8 | 35,2 |
| KRA_:1:W11 | 40 | 31,8 | 25,3 | 79,5 | 63,3 |
| KRA_:1:W12 | 40 | 31,8 | 25,3 | 79,5 | 63,3 |
| KRA_:1:W21 | 40 | 31,8 | 25,3 | 79,5 | 63,3 |
| KRA_:1:W22 | 40 | 31,8 | 25,3 | 79,5 | 63,3 |
| KRPA:1:W11 | 25 | 6,7 | 7,5 | 26,8 | 30,0 |
| KRPA:1:W12 | 25 | 6,7 | 7,5 | 26,8 | 30,0 |
| KVAS:1:W11 | 16 | 9,8 | 11,7 | 61,3 | 73,1 |
| KVAS:1:W12 | 16 | 9,8 | 11,7 | 61,3 | 73,1 |
| LANS:1:W11 | 25 | 10,4 | 12,3 | 41,6 | 49,2 |
| LANS:1:W12 | 25 | 10,4 | 12,3 | 41,6 | 49,2 |
| LIPE:1:W11 | 25 | 9,2 | 10,5 | 36,8 | 42,0 |
| LIPE:1:W12 | 25 | 9,2 | 10,5 | 36,8 | 42,0 |
| MORA:1:W11 | 16 | 4,8 | 6,5 | 30,0 | 40,6 |
| MORA:1:W12 | 16 | 5,4 | 8,3 | 33,8 | 51,9 |
| MTRE:1:W11 | 16 | 6,4 | 8,1 | 40,0 | 50,6 |
| MTRE:1:W12 | 16 | 6,4 | 8,1 | 40,0 | 50,6 |
| NACH:1:W1 | 20 | 12,4 | 12,2 | 62,0 | 61,0 |
| NACH:1:W2 | 20 | 12,4 | 12,2 | 62,0 | 61,0 |
| NEZ_:1:W11 | 40 | 35,3 | 29,5 | 88,3 | 73,8 |
| NEZ_:1:W21 | 40 | 35,3 | 29,5 | 88,3 | 73,8 |
| NOPA:1:W2 | 25 | 8,1 | 8,5 | 32,4 | 34,0 |
| PASE:1:W11 | 25 | 7,4 | 8,3 | 29,6 | 33,2 |
| PASE:1:W12 | 25 | 7,4 | 8,3 | 29,6 | 33,2 |
| POLI:1:W11 | 16 | 10,1 | 10,6 | 63,1 | 66,3 |
| POLI:1:W12 | 16 | 10,1 | 10,6 | 63,1 | 66,3 |
| PORI:1:W1 | 20 | 18,7 | 16,9 | 93,5 | 84,5 |
| PORI:1:W21 | 20 | 18,7 | 16,9 | 93,5 | 84,5 |
| PORI:1:W22 | 20 | 18,7 | 16,9 | 93,5 | 84,5 |
| ROKY:1:W11 | 31,5 | 3 | 3,8 | 9,5 | 12,1 |
| ROKY:1:W12 | 31,5 | 3 | 3,8 | 9,5 | 12,1 |
| RUDO:1:W11 | 16 | 9,3 | 11,6 | 58,1 | 72,5 |
| RUDO:1:W12 | 16 | 9,3 | 11,6 | 58,1 | 72,5 |
| RYCH:1:W11 | 16 | 13,7 | 14,1 | 85,6 | 88,1 |
| RYCH:1:W12 | 16 | 13,7 | 14,1 | 85,6 | 88,1 |
| RYCH:1:W2 | 16 | 13,7 | 14,1 | 85,6 | 88,1 |
| SEMI:1:W1 | 25 | 5,8 | 6,1 | 23,2 | 24,4 |
| SVID:1:W11 | 25 | 5,1 | 5,5 | 20,4 | 22,0 |
| SVID:1:W12 | 25 | 5,1 | 5,5 | 20,4 | 22,0 |

| Rozvodna | Zkratová odolnost | I''_{k1} | I''_{k3} | i''_{zk1} | i''_{zk3} |
|------------|-------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zkratka | (kA) | (kA) | (kA) | (%) | (%) |
| SVIT:1:W11 | 25 | 5,4 | 5,7 | 21,6 | 22,8 |
| SVIT:1:W12 | 25 | 5,4 | 5,7 | 21,6 | 22,8 |
| TYCD:1:W1 | 13 | 7,2 | 9,8 | 55,4 | 75,4 |
| TYCD:1:W2 | 13 | 6,9 | 9,8 | 53,1 | 75,4 |
| USTI:1:W2 | 16 | 8,8 | 11 | 55,0 | 68,8 |
| VAMB:1:W1 | 13 | 7,5 | 9,2 | 57,7 | 70,8 |
| VAMB:1:W2 | 13 | 7,5 | 9,2 | 57,7 | 70,8 |
| VERT:1:W1 | 25 | 7,6 | 9,6 | 30,4 | 38,4 |
| VRCH:1:W2 | 13 | 6,7 | 6,8 | 51,5 | 52,3 |
| VSES:1:W1 | 40 | 20,1 | 20,7 | 50,3 | 51,8 |
| VSES:1:W21 | 40 | 20,1 | 20,7 | 50,3 | 51,8 |
| VSES:1:W22 | 40 | 20,1 | 20,7 | 50,3 | 51,8 |
| ZAMB:1:W11 | 25 | 7,5 | 8,4 | 30,0 | 33,6 |
| ZAMB:1:W12 | 25 | 7,5 | 8,4 | 30,0 | 33,6 |

PŘÍLOHA G – VÝSLEDKY POROVNÁNÍ SAMOSTATNÉHO A PARALELNÍHO PROVOZU UNO KRA_A UNO NEZ_

Tab. příloha G-1 Napětové poměry přípojníc R 110 kV – samostatný a paralelní provoz

| | Provoz | | Porovnání | |
|------------|------------|-----------|--------------------------|-------|
| | Samostatný | Paralelní | Samostatný vs. Paralelní | |
| Rozvodna | U | | ΔU | |
| Zkratka | (kV) | | (kV) | (%) |
| BEZM:1:W11 | 117,5 | 118,0 | 0,5 | 0,42 |
| BEZM:1:W12 | 117,5 | 118,0 | 0,5 | 0,42 |
| CEKO:1:W11 | 116,6 | 117,1 | 0,5 | 0,43 |
| CEKO:1:W12 | 116,6 | 117,1 | 0,5 | 0,43 |
| CHOC:1:W1 | 115,8 | 119,1 | 3,3 | 2,77 |
| CHOC:1:W2 | 119,3 | 119,1 | -0,2 | -0,17 |
| CTRE:1:W1 | 119,9 | 116,9 | -3 | -2,57 |
| CTRE:1:W2 | 119,9 | 116,9 | -3 | -2,57 |
| DOBR:1:W11 | 116,3 | 119,6 | 3,3 | 2,76 |
| DOBR:1:W12 | 116,3 | 117,8 | 1,5 | 1,27 |
| EOP_:1:W2 | 116,8 | 117,7 | 0,9 | 0,76 |
| HKJI:1:W1 | 117,0 | 118,0 | 1 | 0,85 |
| HKJI:1:W2 | 117,0 | 118,0 | 1 | 0,85 |
| HKSE:1:W1 | 117,5 | 117,9 | 0,4 | 0,34 |
| HKSE:1:W2 | 117,5 | 117,9 | 0,4 | 0,34 |
| JABL:1:W11 | 120,5 | 120,2 | -0,3 | -0,25 |
| JABL:1:W12 | 120,5 | 120,2 | -0,3 | -0,25 |
| KRA_:1:W11 | 120,9 | 120,6 | -0,3 | -0,25 |
| KRA_:1:W12 | 120,9 | 120,6 | -0,3 | -0,25 |
| KRA_:1:W21 | 120,9 | 120,6 | -0,3 | -0,25 |
| KRA_:1:W22 | 120,9 | 120,6 | -0,3 | -0,25 |
| KRPA:1:W11 | 116,6 | 117,0 | 0,4 | 0,34 |
| KRPA:1:W12 | 116,6 | 117,0 | 0,4 | 0,34 |
| KVAS:1:W11 | 116,9 | 117,6 | 0,7 | 0,60 |
| KVAS:1:W12 | 116,9 | 117,6 | 0,7 | 0,60 |
| LANS:1:W11 | 120,1 | 119,6 | -0,5 | -0,42 |
| LANS:1:W12 | 120,1 | 119,6 | -0,5 | -0,42 |
| LIPE:1:W11 | 117,1 | 117,4 | 0,3 | 0,26 |
| LIPE:1:W12 | 117,1 | 117,4 | 0,3 | 0,26 |
| MORA:1:W11 | 115,7 | 117,5 | 1,8 | 1,53 |
| MORA:1:W12 | 116,2 | 117,8 | 1,6 | 1,36 |
| MTRE:1:W11 | 120,4 | 120,1 | -0,3 | -0,25 |
| MTRE:1:W12 | 120,4 | 120,1 | -0,3 | -0,25 |
| NACH:1:W1 | 116,6 | 117,1 | 0,5 | 0,43 |
| NACH:1:W2 | 116,6 | 117,1 | 0,5 | 0,43 |

| | Provoz | | Porovnání | |
|------------|------------|-----------|--------------------------|-------|
| | Samostatný | Paralelní | Samostatný vs. Paralelní | |
| Rozvodna | U | | ΔU | |
| Zkratka | (kV) | | (kV) | (%) |
| NEZ_:1:W11 | 118,4 | 118,7 | 0,3 | 0,25 |
| NEZ_:1:W21 | 118,4 | 118,7 | 0,3 | 0,25 |
| NOPA:1:W1 | 116,3 | 116,7 | 0,4 | 0,34 |
| PASE:1:W11 | 115,6 | 117,0 | 1,4 | 1,20 |
| PASE:1:W12 | 115,6 | 117,0 | 1,4 | 1,20 |
| POLI:1:W11 | 116,7 | 117,2 | 0,5 | 0,43 |
| POLI:1:W12 | 116,7 | 117,2 | 0,5 | 0,43 |
| PORI:1:W1 | 117,4 | 117,8 | 0,4 | 0,34 |
| PORI:1:W21 | 117,4 | 117,8 | 0,4 | 0,34 |
| PORI:1:W22 | 117,4 | 117,8 | 0,4 | 0,34 |
| ROKY:1:W11 | 114,6 | 114,9 | 0,3 | 0,26 |
| ROKY:1:W12 | 115,0 | 115,3 | 0,3 | 0,26 |
| RUDO:1:W11 | 120,1 | 119,5 | -0,6 | -0,50 |
| RUDO:1:W12 | 120,1 | 119,5 | -0,6 | -0,50 |
| RYCH:1:W11 | 119,0 | 117,7 | -1,3 | -1,10 |
| RYCH:1:W12 | 119,0 | 117,7 | -1,3 | -1,10 |
| RYCH:1:W2 | 117,0 | 117,7 | 0,7 | 0,59 |
| SEMI:1:W1 | 115,3 | 115,7 | 0,4 | 0,35 |
| SVID:1:W11 | 120,3 | 120,0 | -0,3 | -0,25 |
| SVID:1:W12 | 120,3 | 120,0 | -0,3 | -0,25 |
| SVIT:1:W11 | 120,3 | 120,0 | -0,3 | -0,25 |
| SVIT:1:W12 | 120,3 | 120,0 | -0,3 | -0,25 |
| TYCD:1:W1 | 117,5 | 118,1 | 0,6 | 0,51 |
| TYCD:1:W2 | 117,4 | 118,1 | 0,7 | 0,59 |
| USTI:1:W2 | 119,5 | 118,5 | -1 | -0,84 |
| VAMB:1:W1 | 118,9 | 117,6 | -1,3 | -1,11 |
| VAMB:1:W2 | 119,0 | 117,7 | -1,3 | -1,10 |
| VERT:1:W1 | 119,4 | 118,4 | -1 | -0,84 |
| VERT:1:W2 | 119,4 | 118,4 | -1 | -0,84 |
| VRCH:1:W2 | 116,2 | 116,5 | 0,3 | 0,26 |
| VSES:1:W1 | 117,6 | 118,1 | 0,5 | 0,42 |
| VSES:1:W21 | 117,6 | 118,1 | 0,5 | 0,42 |
| VSES:1:W22 | 117,6 | 118,1 | 0,5 | 0,42 |
| ZAMB:1:W11 | 119,2 | 118,1 | -1,1 | -0,93 |
| ZAMB:1:W12 | 119,2 | 118,1 | -1,1 | -0,93 |

Tab. příloha G-2 Proudové zatížení strojů. 400/110 kV – samostatný a paralelní provoz

| | Provoz | | Porovnání |
|-----------|------------|-----------|--------------------------|
| | Samostatný | Paralelní | Samostatný vs. Paralelní |
| Rozvodna | i_{zT} | | Δi_{zT} |
| Zkratka | (%) | | (%) |
| KRA_:T401 | 30 | 39 | 9 |
| KRA_:T403 | 30 | 39 | 9 |
| NEZ_:T401 | 59 | 50 | -9 |
| NEZ_:T402 | 59 | 50 | -9 |

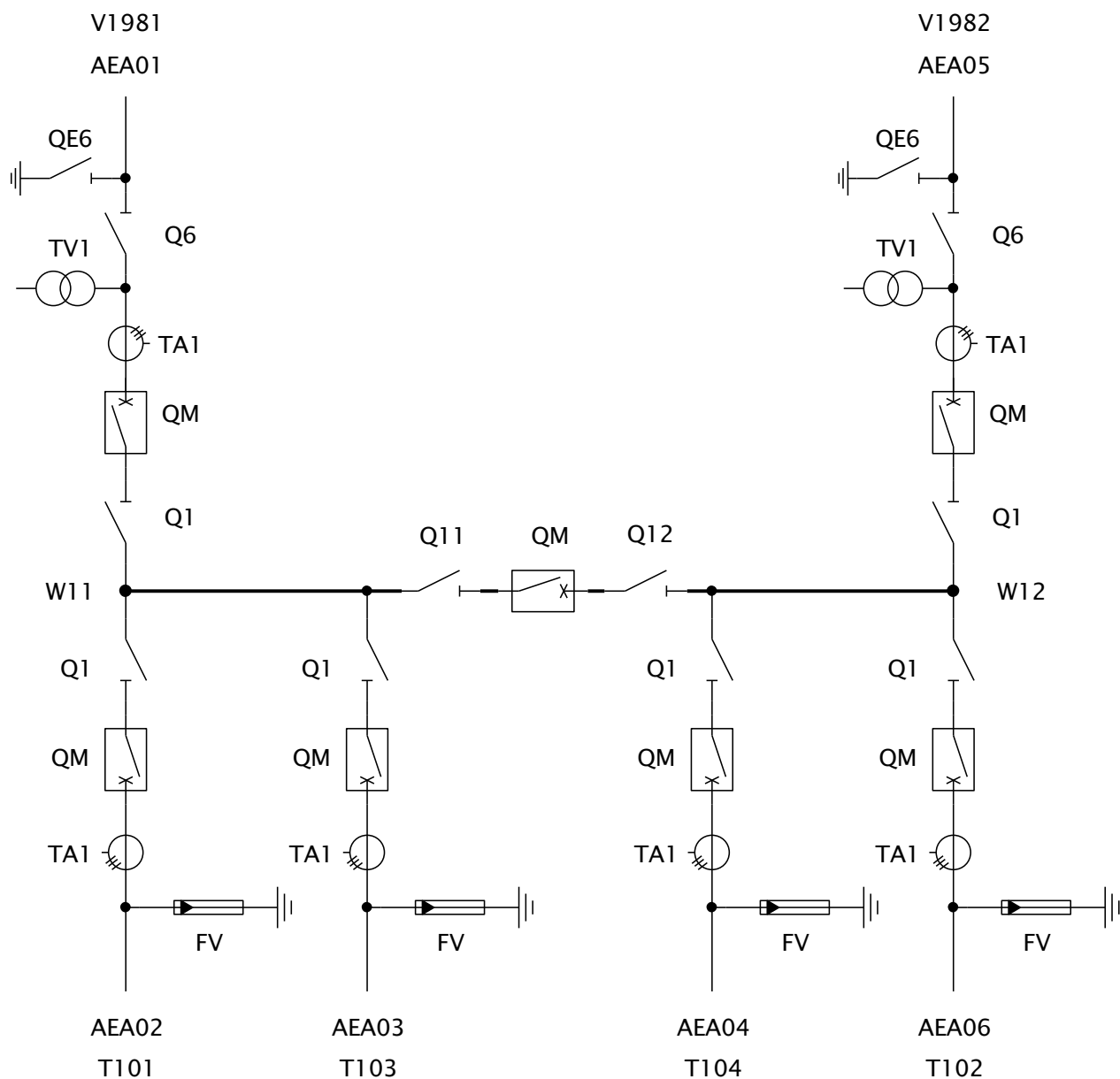
Tab. příloha G-3 Proudové zatížení vedení 110 kV – samostatný a paralelní provoz

| | Provoz | | Porovnání |
|--------|------------|-----------|--------------------------|
| | Samostatný | Paralelní | Samostatný vs. Paralelní |
| Číslo | i_{zV} | | Δi_{zV} |
| Vedení | (%) | | (%) |
| V1011 | 16 | 16 | 0 |
| V1012 | 13 | 13 | 0 |
| V1013 | 6 | 6 | 0 |
| V1014 | 1 | 1 | 0 |
| V1015 | 2 | 2 | 0 |
| V1103 | 15 | 15 | 0 |
| V1104 | 8 | 8 | 0 |
| V1111a | 6 | 5 | -1 |
| V1111b | 10 | 8 | -2 |
| V1113 | 18 | 19 | 1 |
| V1116 | 18 | 18 | 0 |
| V1117 | 34 | 33 | -1 |
| V1118 | 44 | 44 | 0 |
| V1121a | 37 | 54 | 17 |
| V1121b | 1 | 1 | 0 |
| V1121c | 37 | 54 | 17 |
| V1122 | 12 | 21 | 9 |
| V1123 | 27 | 39 | 12 |
| V1124 | 27 | 39 | 12 |
| V1125 | 15 | 24 | 9 |
| V1126 | 38 | 47 | 9 |
| V1127 | 8 | 8 | 0 |
| V1128 | 8 | 8 | 0 |
| V1153 | 47 | 33 | -14 |
| V1155 | 34 | 24 | -10 |
| V1156 | 34 | 24 | -10 |
| V1157 | 20 | 20 | 0 |
| V1159a | 8 | 19 | 11 |
| V1159b | 7 | 16 | 9 |
| V1161a | 21 | 11 | -10 |

| | Provoz | | Porovnání |
|--------|------------|-----------|--------------------------|
| | Samostatný | Paralelní | Samostatný vs. Paralelní |
| Číslo | i_{zV} | | Δi_{zV} |
| Vedení | (%) | | (%) |
| V1161b | 25 | 13 | -12 |
| V1162 | 13 | 9 | -4 |
| V1163 | 26 | 23 | -3 |
| V1164 | 26 | 23 | -3 |
| V1165 | 22 | 19 | -3 |
| V1166 | 23 | 19 | -4 |
| V1169 | 19 | 20 | 1 |
| V1170a | 6 | 19 | 13 |
| V1170b | 5 | 16 | 11 |
| V1173a | 2 | 14 | 12 |
| V1173b | 1 | 14 | 13 |
| V1173c | 0 | 0 | 0 |
| V1173d | 1 | 14 | 13 |
| V1174a | 18 | 1 | -17 |
| V1174b | 4 | 4 | 0 |
| V1174c | 14 | 4 | -10 |
| V1175 | 19 | 17 | -2 |
| V1176 | 19 | 17 | -2 |
| V1178a | 13 | 28 | 15 |
| V1178b | 0 | 0 | 0 |
| V1178c | 13 | 29 | 16 |
| V1179a | 14 | 25 | 11 |
| V1179b | 17 | 30 | 13 |
| V1180 | 21 | 31 | 10 |
| V1181 | 16 | 23 | 7 |
| V1182 | 13 | 23 | 10 |
| V1183 | 4 | 11 | 7 |
| V1184 | 21 | 25 | 4 |
| V1185 | 21 | 26 | 5 |
| V1186a | 9 | 5 | -4 |
| V1186b | 9 | 5 | -4 |
| V1187 | 7 | 12 | 5 |
| V1188 | 6 | 3 | -3 |
| V1189 | 4 | 2 | -2 |
| V1195a | 20 | 14 | -6 |
| V1195b | 20 | 14 | -6 |
| V1195c | 0 | 0 | 0 |
| V1196a | 20 | 14 | -6 |
| V1196b | 20 | 14 | -6 |
| V1196c | 0 | 0 | 0 |
| V1981a | 0 | 0 | 0 |
| V1981b | 0 | 0 | 0 |
| V1981c | 21 | 21 | 0 |
| V1981d | 21 | 21 | 0 |

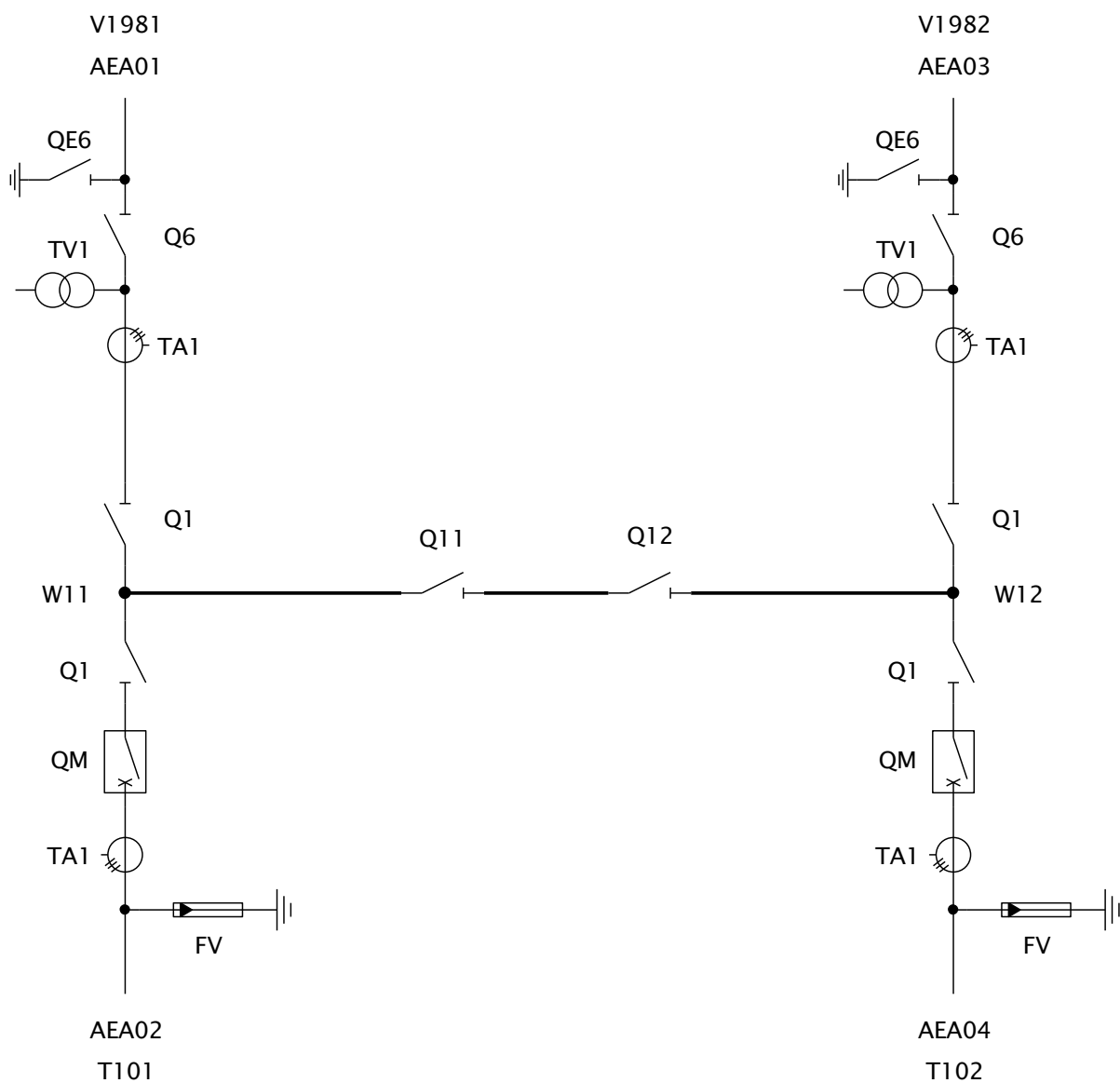
| | Provoz | | Porovnání |
|--------|------------|-----------|--------------------------|
| | Samostatný | Paralelní | Samostatný vs. Paralelní |
| Číslo | i_{zV} | | Δi_{zV} |
| Vedení | (%) | | (%) |
| V1981e | 0 | 0 | 0 |
| V1981f | 21 | 21 | 0 |
| V1982a | 28 | 28 | 0 |
| V1982b | 12 | 12 | 0 |
| V1982c | 16 | 16 | 0 |
| V1989 | 8 | 8 | 0 |
| V1990 | 0 | 0 | 0 |
| V912 | 30 | 30 | 0 |
| V913 | 34 | 34 | 0 |
| V914 | 3 | 3 | 0 |

PŘÍLOHA H – NÁVRH TR 110/35 kV HRADEC KRÁLOVÉ – SEVER



Obr. příloha H-1 Návrh TR 110/35 kV Hradec Králové – Sever

PŘÍLOHA CH – NÁVRH TR 110/6,3 kV HRADEC KRÁLOVÉ BEZ MOTORY



Obr. příloha CH-1 Návrh TR 110/6,3 kV Hradec Králové BEZ Motory